This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

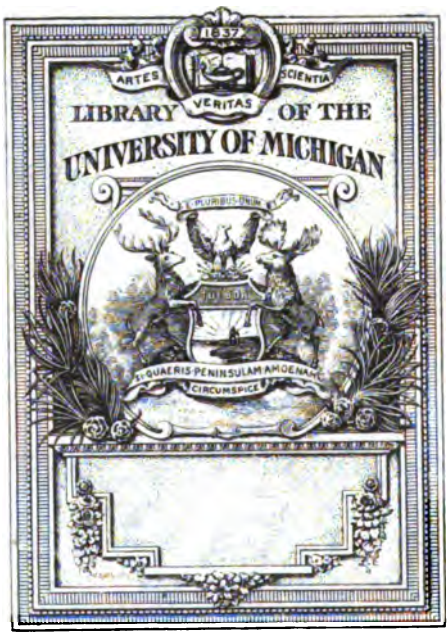
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

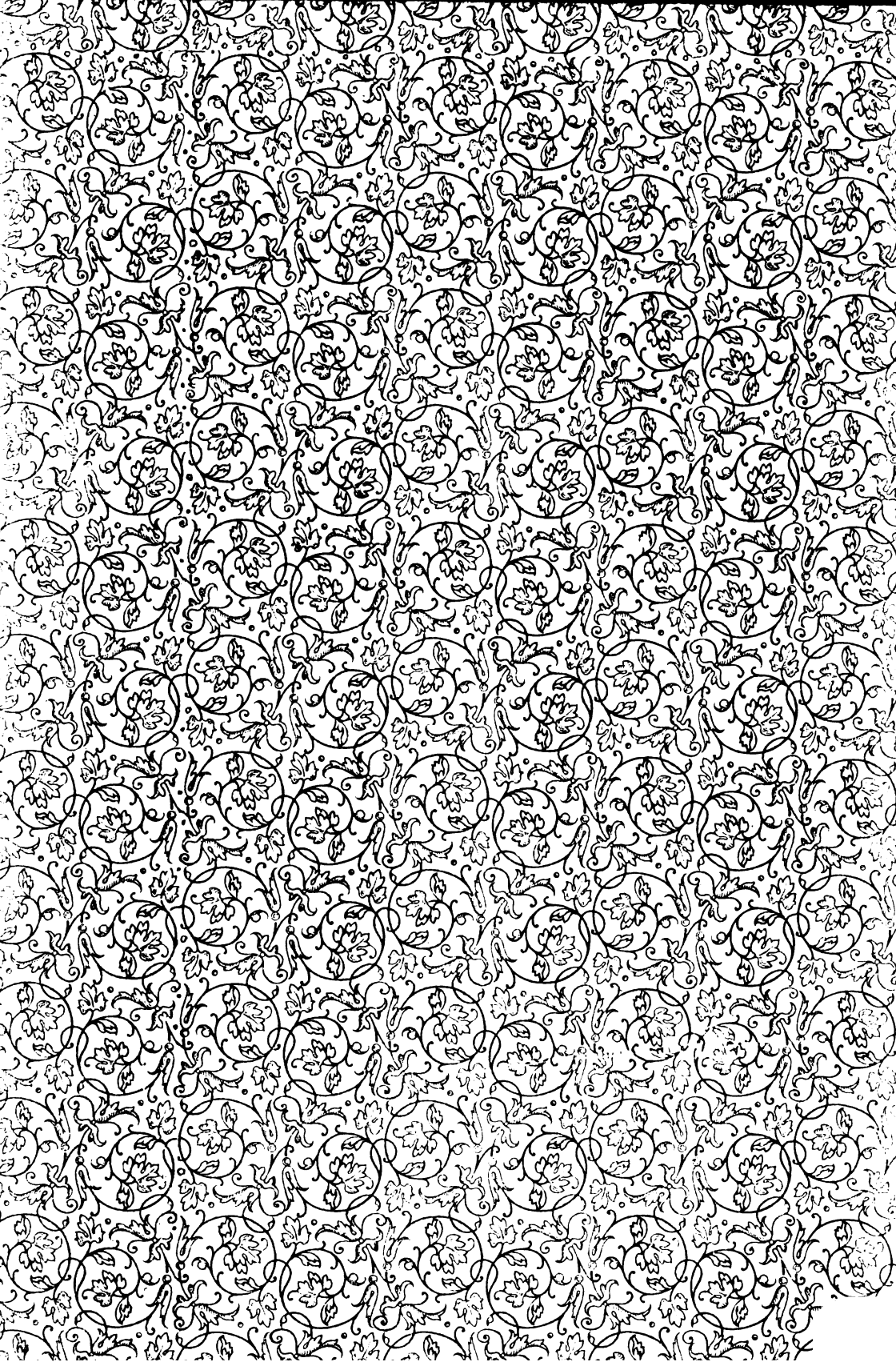
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



SCIENCE LIBRARY

QK
761
.V87

42-3

DIE

BEWEGUNGEN

7616

DER

BLÜTHEN UND FRÜCHTE.

VON

Dr. HERMANN VÖCHTING,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BASEL.

MIT 2 TAFELN UND 7 HOLZSCHNITTEN.

BONN
VERLAG VON MAX COHEN & SOHN (FR. COHEN)
1882.

Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

INHALT.

	Seite
Einleitung	1
Bewegungen der Blüthen und Früchte.	
Versuche mit Narcissus Pseudo-Narcissus	8
Wirkung von Schwerkraft und Rectipetalität	30
Einfluss des Lichtes	50
Messung der Kräfte	62
Künstliche Hemmung der Bewegung	75
Versuche mit Narcissus poeticus	77
„ „ Agapanthus umbellatus	87
„ „ Hemerocallis flava	91
„ „ Papaver	92
„ „ Tussilago Farfara	124
„ „ Cyclamen	128
„ „ Viola	136
„ „ Aquilegia vulgaris	146
„ „ Fritillaria	146
„ „ Polygonatum multiflorum	148
„ „ Leucojum vernum	150
„ „ Galanthus nivalis	153
„ „ Helleborus	155
„ „ Asphodelus luteus	158
„ „ Allium controversum	159
„ „ Erodium cicutarium	161
„ „ Geranium pyrenaicum	172
„ „ Taraxacum officinale	177
Bewegungen vegetativer Organe.	
Rectipetalität vegetativer Organe	182
Die Nutation dicotyler Keimpflanzen	186
Schluss	191

Einleitung.

Die Bewegungen mancher Blüthen- und Fruchtstiele sind wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen. Besonders haben diejenigen Formen der Bewegung die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, in Folge deren die Knospe, Blüthe oder Frucht zeitweise oder beständig eine abwärts gerichtete Lage erhält.

Der erste meines Wissens, welcher die Ursachen der fraglichen Bewegungen aufzudecken suchte, war *Dutrochet*[1]). Dieser geniale Forscher schloss, dass dieselben Bedingungen, welche die Wachsthumsrichtung der Hauptwurzel herbeiführen, auch für die ähnlichen Bewegungen der Stengelorgane massgebend sein würden; und stellte auf Grund dieser Voraussetzung ein Experiment an. Er wählte die Blüthenstände von Borago officinalis, deren Blüthen stets nach unten gerichtet sind, und befestigte sie derart an der Peripherie des Rades eines Centrifugal-Apparates, dass die Blüthenöffnungen dem Rotationscentrum zugekehrt waren. Das Rad hatte einen Halbmesser von 32 Ctm., und beschrieb 36 Umläufe in der Minute. Nachdem die Drehung 16 Stunden gedauert, hatten sich die sämmtlichen Blüthenöffnungen der Peripherie des Rades zugewendet, die Stiele demnach eine Bewegung ausgeführt, welche ihrer ursprünglichen entgegengesetzt war. Sie verhielten sich somit wie Wurzeln, wenn sie den gleichen Bedingungen ausgesetzt werden. Daraus aber folgt, so schloss man, dass ihre Bewegungen auch durch dieselbe Ursache bedingt werden, welche die Richtung der Wurzel veranlasst, durch die Schwerkraft.

---

[1]) *Dutrochet.* De la direction opposée des Tiges et des Racines. In: Mémoires pour servir à l'histoire anatom. et phys. des Végétaux et des Animaux. Paris 1837. Tome II, 56.

Diese Untersuchung *Dutrochet's* ist, soweit ich gesehen, von keinem der Autoren berücksichtigt worden, welche sich später mit dem gleichen Gegenstande beschäftigt haben.

Anders als *Dutrochet* fasst *Sachs* [1]) den Sachverhalt auf. Nach ihm sind die Stiele der Blüthen von Borago officinalis weich und spannungslos genug, um dem Gewicht der Blüthe nachzugeben, und sich concav abwärts zu krümmen. Die Bewegung des Stieles ist sonach ein passiver Vorgang, der, wie *Sachs* vermuthet, noch bei vielen anderen hängenden Blüthen stattfindet. In dieselbe Klasse von Erscheinungen gehören wahrscheinlich auch die Blattknospen mancher keimenden Dicotylen, wie z. B. Phaseolus, Ricinus u. s. w., welche scharf abwärts gekrümmt sind.

Wiederum anders lauten die Anschauungen *Hofmeister's* [2]). Er erklärt die Abwärtskrümmung mancher Zweigspitzen, z. B. der von Fagus, Castanea, Ulmus u. A. als eine Folge des Einflusses der Schwerkraft; und zwar soll dieser dahin gehen, eine erhöhte Anhäufung von organischer Substanz auf der oberen Längshälfte jener Spitzen, und dadurch die Abwärtskrümmung derselben zu bewirken. Auf denselben Ursachen beruht das Nicken der Blüthenstiele von Forsythia viridissima, der Inflorescenzachsen von Corydalis cava u. s. w. Bei einseitswendigen Blüthenständen, z. B. den von Vicia cracca, tritt das überwiegende Dickenwachsthum der oberen Längshälfte der Inflorescenzaxe auffällig hervor. — Bei der Krümmung der Zweigspitzen von Ampelopsis hederacea kommt jedoch auch negativer Heliotropismus ins Spiel.

Alle diese Vorgänge sind activer, nicht passiver Natur; die gebeugte Stelle hat eine oft beträchtliche Steifigkeit, selbst Sprödigkeit.

In einer bekannten Arbeit, in welcher *Frank* [3]) zum ersten Male auf die active Natur des Wachsthums der Wurzel hinwies, wird auch eine Reihe von Stengelorganen angeführt, deren Nutation er auf positiven Geotropismus zurückzuführen sucht. Es gehören hierher besonders die Blüthenstiele von Clematis- und

---

[1]) *J. Sachs.* Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig 1865. Seite 93.

[2]) *W. Hofmeister.* Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig 1868. S. 602 ff.

[3]) *A. B. Frank.* Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig 1868. S. 49 ff.

Papaver-Arten, welche sich während gewisser Zeiten nach seiner Auffassung abwärts krümmen, wie die Wurzel. Die Begründung dieser Ansicht findet *Frank* in dem Verhalten der Objecte, wenn sie in abwärts geneigte Lage gebracht werden. — Die Blüthen- und Inflorescenzstiele von Papaver und Smilacina sind sonach vor dem Oeffnen der Blüthe positiv, später negativ geotropisch; während die Stiele von Aquilegia vulgaris auch noch während der Blüthezeit positiv, und erst zur Fruchtzeit negativ reagiren. (S. 88.)

Indem ich bezüglich aller Einzelheiten auf *Frank's* Arbeit verweise, hebe ich nur noch hervor, dass er neben den genannten auch solche Fälle unterscheidet, in welchen die Lage der Blüthen oder ganzer Blüthenstände durch ihr Eigengewicht verursacht wird; so die Inflorescenzen von Cytisus Laburnum, Robinia Pseud-Acacia, Platanus, Populus u. s. w.; ferner, dass in wieder andern Fällen die Incurvation gänzlich unabhängig von Licht und Schwere erfolgen soll.

Die von *Frank* ausgesprochenen allgemeinen und besonderen Anschauungen wurden in der Folge durch *de Vries*[1]) einer Kritik unterzogen, von welcher uns selbstverständlich nur der in unser Gebiet einschlagende Theil beschäftigen kann. Zumal der positive Geotropismus der Blüthenstiele war es, den *de Vries* zu beseitigen suchte. Er wiederholte die Versuche *Frank's* mit gleichem Erfolge, führte aber gleichzeitig noch weitere aus. Vor Allem machte er das wichtige Experiment, die Last der Blüthenknospe von Papaver, Clematis und anderen Arten, einfach durch Abschneiden von den Blüthenstielen zu entfernen. Die Folge war, dass nun die Stiele sich emporrichteten. Wurde derselbe Versuch ausgeführt und die Objecte in verkehrte Lage gebracht, so blieb, — vorausgesetzt, dass die Krümmung des ehemals gerade aufrechten Stieltheiles verhindert wurde, — die Beugung an der Spitze erhalten, oder es richtete sich der apicale, seiner Knospe beraubte Theil wenn möglich noch gerader empor.

Aus diesen Thatsachen und noch anderen Versuchen, die man in der genannten Arbeit nachsehen wolle, zog *de Vries* den Schluss,

---

[1]) *H. de Vries.* Ueber einige Ursachen der Richtung bilateral symmetrischer Pflanzentheile. — Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. I. 229.

dass die von *Frank* vertretene Ansicht unhaltbar sei, dass nicht positiver Geotropismus die fragliche Krümmung des Stieles bewirke, sondern lediglich das Gewicht der Blüthe oder Knospe. Unter der Last der letzteren beuge sich der spannungslose Stiel abwärts; die Krümmung desselben sei also ein passiver Vorgang. — Damit war die Anschauung von *Sachs* wieder in ihr Recht gesetzt.

In dem höchst bedeutenden Werke, mit welchem *Darwin* [1]) kürzlich die botanische Literatur bereichert hat, finden sich mancherlei allgemeine und besondere Angaben, welche sich auf die in unserer Arbeit behandelten Gegenstände beziehen. Da sich in der Folge wiederholt Gelegenheit bieten wird, auf jene zurückzukommen, so seien hier nur einige Einzelheiten hervorgehoben.

Die Blüthenstiele von Trifolium repens [2]) sind in der Jugend positiv heliotropisch, später beschreiben sie eine autonome epinastische Krümmung. Ebenso verhalten sich die Blüthenstiele von Trifolium subterraneum und Oxalis carnosa nach der Befruchtung. Die Doldenstiele von Trif. subterraneum [3]) krümmen sich nach der Befruchtung der Blüthe abwärts, um den Fruchtstand in den Boden zu vergraben, eine Bewegung, welche auf positivem Geotropismus beruht. — Eine ähnliche Bewegung beschreibt der Fruchtstiel von Arachis hypogaea, doch wurde die Ursache der Bewegung nicht genauer bestimmt. Der gleiche Vorgang findet sich weiter bei den Fruchtstielen von Cyclamen persicum [4]), allein hier wird derselbe aller Wahrscheinlichkeit nach durch negativen Heliotropismus hervorgerufen.

Eigenthümlich sind die Bewegungen der Fruchtstiele von Oxalis carnosa [5]). Gleich nach der Befruchtung krümmen sie sich, wie erwähnt, epinastisch abwärts; später dagegen bewegen sie sich aufwärts, und zwar unter dem Einflusse von Hyponastie und negativem Geotropismus.

Aus den angeführten Angaben geht hervor, dass *Darwin* die fraglichen Bewegungen als active auffasst, dass aber die wirkenden Ursachen sehr verschieden sein können. Bald begegnen wir positivem, bald negativem Geotropismus, bald den entsprechenden Formen des Heliotropismus, bald endlich autonomen Ursachen, wie Epinastie und Hyponastie.

---

[1]) *Ch. Darwin.* The power of movement in Plants. London 1880.
[2]) l. c. S. 276. — [3]) l. c. S. 513. — [4]) l. c. S. 433. — [5]) l. c. S. 503.

Der Heliotropismus der Blüthenstiele wurde in neuerer Zeit eingehend von *Wiesner* [1]) untersucht. Indem ich bezüglich aller Einzelheiten auf die Arbeit selbst verweise, will ich hier nur einiger Gegenstände gedenken.

Die weitaus grösste Mehrzahl der Blüthen- und Inflorescenzstiele ist positiv heliotropisch; negativ reagirende dürfte es wahrscheinlich gar nicht geben. Vermöge dieser Eigenschaft neigen die Blüthen und Inflorescenzen nach der Richtung des intensivsten Lichtes, und behalten diese Lage während der ganzen Blüthezeit.

In manchen Fällen nicken die Knospen und Blüthenstände vor der Blüthezeit, und zwar ebenfalls nach dem Lichte hin. „Dieses Nicken wird allerdings in der Regel durch den positiven Heliotropismus des Blüthenstieles veranlasst, hat aber direct mit dem Heliotropismus nichts zu thun, indem das Ueberhängen einerseits durch die Weichheit des Stieles, andererseits durch das Gewicht der Knospe oder Blüthe bedingt wird. Die Blüthenstiele wachsen nämlich vorwiegend am oberen Ende, welches anfänglich weich und spannungslos ist, während der tiefer liegende ältere Theil schon negativ geotropisch und positiv heliotropisch geworden. Die Folge davon ist, dass der untere Theil des Blüthenstieles sich gegen das Licht wendet, und dem entsprechend die am weichen Stieltheile stehende Blüthe nach der Lichtseite überhängen muss.“ (S. 62 unten und 63 oben.) In dieser Art verhalten sich die Köpfchenstiele von Leontodon hastilis, die Blüthenstiele von Papaver u. s. w.

Die Untersuchungen *Wiesner's* über die Bewegung der Blüthen mit der Sonne, über heliotropische Häufung der Blüthen, seine Anschauungen über das Wegwenden der Blüthen vom Licht u. s. w. wolle der Leser in seiner Abhandlung nachsehen. Hier sei nur noch erwähnt, dass er die Blüthenstiele von Helianthemum vulgare nach der Befruchtung energisch negativ heliotropisch fand.

Nach dieser literarischen Erörterung gelange ich zu meinen eignen Untersuchungen, deren genauerer Besprechung ich jedoch einige Bemerkungen über ihre Entstehung vorausschicken will.

Den Ausgangspunkt meiner Arbeit bildete die Gattung Papaver,

---

[1]) *J. Wiesner.* Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. — Abdruck aus den Denkschriften der Wiener Academie. Bd. XLIII. — II. Theil. S. 62 ff.

welche, wie aus der eben gegebenen Uebersicht hervorgeht, wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen ist. — Zwei Umstände waren es, welche mich die Sache von Neuem in Angriff nehmen liessen. Einmal hegte ich die Ueberzeugung, dass die Schlussweise *de Vries'* bezüglich der Ursache des Nickens der Knospe trotz ihrer scheinbaren Begründung doch nicht stichhaltig sei. — Zweitens suchte ich nach einem passenden Object, an welchem sich ein etwa vorhandener Einfluss der Schwerkraft auf die Lage und Entwickelung des Embryo in der Samenknospe nachweisen liesse. Ein solches Object schien sich mir in dem Mohn darzubieten. Die bestimmte Lage der Knospe, die Umkehrung der Stellung bei der Blüthe und Samenreife dieser Pflanze liessen hoffen, dass sie ein Mittel zur Lösung jener Frage an die Hand geben würde, vorausgesetzt, dass die Lage der Samenknospe an der Placenta eine constante war.

Sehen wir jedoch einstweilen von diesem Gegenstande ab, und fassen wir die Ursachen der Bewegung des Stieles ins Auge.

Nach *Frank* beruht die Krümmung des letzteren während des Knospenzustandes der Blüthe auf positivem Geotropismus; nach *de Vries* ist sie die Folge des eignen Gewichtes der Blüthe, welches der spannungslose Stiel nicht zu tragen vermag, und sich deshalb unter der Last desselben abwärts krümmt. Den Beweis für diese Anschauung findet *de Vries* darin, dass der Stiel sich aufrichtet, wenn man die Knospe abschneidet.

Es ist aber klar, dass dieser Beweis damit gar nicht erbracht ist. Um denselben zu liefern, hätte *de Vries* ein weiteres Experiment anstellen müssen; und eben dasselbe hätte *Frank* ausführen sollen, wenn es ihm darum zu thun gewesen wäre, seinen Gegner zu widerlegen.

Dieser Versuch ist ein höchst einfacher und naheliegender. Er besteht darin, dass man die Knospe vom Stiel abschneidet, aber mit einem Faden wieder daran befestigt. Ist wirklich die zu hohe Belastung die Ursache der Krümmung des Stieles, so wird diese nunmehr erhalten bleiben; sie wird sich dagegen ausgleichen, wenn die Beugung in einer anderen Ursache ihren Grund hatte.

Führt man den Versuch aus, so ergiebt sich, dass in der That trotz der Belastung die Geradstreckung des Stieles stattfindet. Daraus folgt, dass nicht durch das Gewicht der Knospe die

Krümmung des letzteren verursacht wird; zugleich aber folgt noch ungleich mehr aus dieser Thatsache.

Dies war der Ausgangspunkt meiner Untersuchung, die sich allmälig erweiterte, und auf neue Fälle ausdehnte. Die Darstellung des gesammelten Materials ist die Aufgabe der vorliegenden Schrift.

Was die Anordnung des Stoffes in der letzteren anlangt, so habe ich mich dahin entschieden, nicht Abschnitte nach den wirkenden Kraftformen zu bilden, sondern jedesmal die einzelne Pflanze, soweit als mir möglich, vollständig zu behandeln. Dabei wurde beobachtet, stets die bezüglich ihres Verhaltens ähnlichen Pflanzen in Reihenfolge zu bringen. Den wirkenden Kräften nach ist die Anordnung ungefähr folgende.

Zunächst werden Fälle besprochen, in welchen die Blüthe eine Lage einnimmt, welche ich mit *Frank* und *Darwin* als transversal- oder diageotropische bezeichnen will. Dann folgen Beispiele, in denen die Blüthenstiele zeitweise oder dauernd eine positiv geotropische Krümmung beschreiben. An diese schliessen sich Objecte, deren Blüthenbewegungen wahrscheinlich auf autonomen Ursachen beruhen, und hieran endlich solche, bei denen das Licht den ausschlaggebenden Factor darstellt.

Durch die Untersuchungen der Bewegungen der Blüthenstiele wurde der Blick auf einige Wachsthumsverhältnisse rein vegetativer Organe hingelenkt, welche anhangsweise erörtert sind. Den Schluss endlich bildet eine kurze Zusammenstellung eines Theiles der Ergebnisse nebst einigen sich daran knüpfenden Erwägungen.

Bewegungen der Blüthen und Früchte.

Versuche mit Narcissus Pseudo-Narcissus.

Da diese Pflanze eines unserer wichtigsten Versuchs-Objecte darstellt, so dürften einige Bemerkungen über den Aufbau derselben am Platze sein.

Aus dem Scheitel der Zwiebel entspringt ein kräftiger Schaft, der in seinem unteren Theile von zwei, drei oder selbst noch mehr Blättern umgeben ist. Der Schaft ist bilateral gebaut, hat elliptischen Umriss, und führt an den Seiten des grössten Durchmessers derselben zwei deutlich vorspringende Kanten; der Raum zwischen diesen wird eingenommen von feinen Längsrippen und den damit abwechselnden Thälern.

Die definitive Ausbildung des Schaftes beginnt an seiner Spitze, und schreitet von da nach der Basis hin fort. Im unteren Theile desselben bleibt die Wachsthumsfähigkeit lange Zeit erhalten; wie lange jedoch, ob vielleicht während der ganzen Dauer der Vegetationsperiode, wurde nicht genauer festgestellt. — Der Entwickelung parallel läuft die Ausbildung des Gewebes in Bezug auf seine Festigkeit.

Zwischen den inneren und äusseren Gewebeschichten des Schaftes herrscht eine erhebliche Spannung. Spaltet man denselben der Länge nach, so klaffen die Hälften weit auseinander; halbirt man diese noch einmal im gleichen Sinne, so rollen sich die Stücke spiralig auf.

Auf seinem Scheitel trägt der Schaft eine einzige Blüthe; nur im Falle von Fasciation treten mehr als eine auf. Die Blüthe selbst steht auf kurzem Stiel, an dessen Ansatzstelle sich eine Scheide findet, welche, in der Jugend grün und die Knospe gänzlich einhüllend, beim Oeffnen der Blüthe platzt, gelb wird, ein-

schrumpft, und schliesslich als trockne Haut Stiel und Fruchtknoten umgiebt.

Die geöffnete Blüthe nimmt mit ihrer geraden Längsaxe eine ungefähr horizontale Stellung ein. (Vergl. Fig. 1 [1].) Diese Lage wird bedingt durch eine Krümmung, welche der Blüthenstiel in seinem oberen Theile erfährt. — Der letztere, von rundlichem oder häufiger elliptischem Umriss, hat eine freudig grüne Farbe. Er ist nicht scharf von dem unterständigen Fruchtknoten abgesetzt, sondern geht meistens allmälig in diesen über; manchmal ist der Beginn des Fruchtknotens durch plötzliche Dickenzunahme angedeutet, aber selbst da, wo dies nicht der Fall ist, geräth man über die Höhe, in welcher die Fruchtknotenfächer beginnen, auch bei äusserlicher Betrachtung selten in Zweifel. — Die Länge des Stieles bei geöffneter Blüthe beträgt, auf der convexen Seite gemessen, im Mittelwerth etwa 6,5 Mm.; sie kann jedoch auch bis auf 3,5 Mm. herabsinken, und auf der anderen Seite bis auf 10, ja 12 Mm. steigen. — Wie erwähnt, hat der Stiel auf dem Durchschnitt eine meistens elliptische Gestalt. Die längere Axe der Ellipse, der entsprechenden des Schaftes parallel laufend, hat eine mittlere Länge von 3—3,5 Mm., die kürzere eine solche von 2—2,5 Mm.; doch können die beiden Durchmesser auch ganz oder annähernd gleiche Länge besitzen. — Die Oberfläche des Stieles ist glatt; Kanten und Rippen fehlen vollständig.

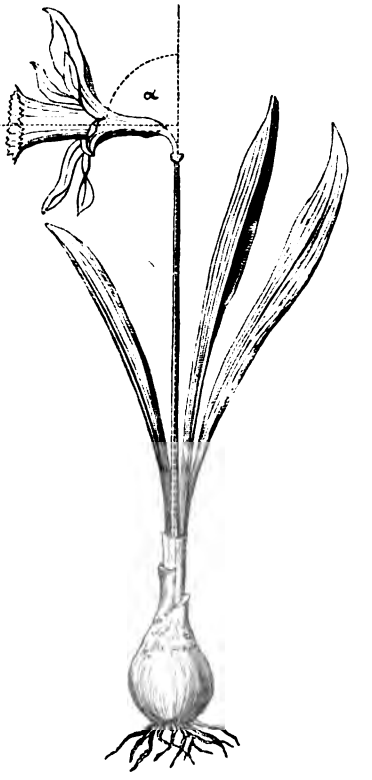


Fig. 1.

Der Stiel besitzt, abweichend vom Schafte, im Inneren keine

---

[1]) Der Deutlichkeit halber wurde die Blüthenscheide vor dem Zeichnen bis auf die Ansatzstelle entfernt.

grosse centrale Höhle. Sein mittlerer Theil wird, abgesehen von den Gefässbündeln, von einem grosszelligen, chlorophyllarmen Parenchym eingenommen, das von zahlreichen, mehr oder minder weiten Intercellularräumen durchsetzt ist. Nach der Peripherie hin werden die Intercellularen allmälig enger, das Gewebe kleinzelliger und chlorophyllreicher; in der zweiten und dritten Zellschicht (von der Epidermis an gerechnet) finden sich zahlreiche Saftschläuche mit Raphidenbündeln. — Auf dem Längsschnitt betrachtet, erscheinen die Parenchymzellen des Inneren mässig verlängert und mit geraden Querwänden versehen. Sie stellen keine geraden Längsreihen dar, sondern gruppenweis verbundene Reihen solcher Zellen biegen sich wellenförmig hin und her, von den Intercellularen durchzogen. — Die Gefässbündel, welche in diesem Parenchym vertheilt sind, zeigen normalen Bau und normale Anordnung.

Abweichend vom Verhalten des Schaftes, ist in den Geweben des Stieles keine oder jedenfalls nur geringe Spannung vorhanden. Halbirt man den Stiel der Länge nach, so findet ein Auseinanderklaffen der Hälften gar nicht oder nur in kaum bemerkbarer Weise statt; ebenso wenig geschieht dies, wenn man die Hälften noch einmal spaltet. — Speciellere Untersuchungen über eine etwa vorhandene Spannung zwischen Epidermis und Rinde wurden jedoch nicht angestellt.

Die Blüthe ist bekanntlich von actinomorphem Bau. Um die durch die Mitte derselben gelegte Längsaxe gruppiren sich die sämmtlichen Theile in gleichmässiger Art. Eine kleine Abweichung von der strengen Regelmässigkeit zeigt vielfach nur der Fruchtknoten, insofern derselbe auf der Oberseite etwas mehr verlängert ist, als auf der Unterseite, auf dieser dagegen dann gewöhnlich eine etwas grössere Dicke besitzt, als auf jener.

Die Länge der geöffneten und völlig ausgebildeten Blüthe ist schwankend; sie beträgt, von der Ansatzstelle des Fruchtknotens gerechnet, im Mittel 50—60 Mm. Kleinere Blüthen können nur gegen 40, grössere bis 70 und selbst mehr Millimeter lang sein. — Das Gewicht der Blüthe beläuft sich auf 1,4 bis 1,6 Gr.; als Mittelwerth mag 1,5 Gr. gerechnet werden. — Der Schwerpunkt der Blüthe, experimentell durch Aufhängen an feinem Faden bestimmt, liegt etwa auf halber Länge der ganzen Blüthe, in der Nähe der Ansatzstelle der Nebenkrone. Man kann daher sagen,

das Gewicht einer in horizontaler Lage befindlichen Blüthe von etwa 1,5 Gr. wirke an einem Hebelarm von ungefähr 27 Mm. — Von dem kurzen Stücke des Stieles, das manchmal noch eine Verlängerung der Blüthenaxe bildet, kann dabei um so eher abgesehen werden, als es sich hier ja nur um Bestimmungen von annähernder Richtigkeit handelt.

Es wurde vorhin gesagt, die Blüthe habe eine horizontale Stellung; diese Angabe bedarf jedoch einer genaueren Erörterung. Der Winkel α, welchen die Längsaxe der Blüthe mit dem Erdradius bildet, soll fortan als Neigungswinkel, die Ebene, welche diesen Winkel aufnimmt, als Neigungsebene bezeichnet werden. Um die Grösse des Neigungswinkels zu bestimmen, wurden während der ganzen Untersuchung gelegentlich Bestimmungen gemacht, sodann speciell zu diesem Zwecke eine grössere Anzahl von Objecten möglichst genau gemessen. Die letzteren wurden willkürlich aus der grossen Zahl von Pflanzen, welche mir zur Verfügung stand, herausgegriffen, und nur darauf geachtet, dass dieselben normal gebaut waren und die Blüthen ihre Entwickelungshöhe erreicht hatten. Nach diesen Bestimmungen beträgt der mittlere Neigungswinkel gegen 95°, den Nullpunkt nach oben in die Verticale gelegt. Neben dieser normalen Neigung kommen aber die allerverschiedensten Grade derselben vor. So habe ich Blüthen beobachtet, deren Neigungswinkel 120°, 130°, 140° und selbst noch mehr betrug; daneben kamen solche vor, die beträchtlich weniger als 90° von der Verticalen abwichen, bei denen der Neigungswinkel eine Grösse von nur 30 und selbst noch weniger Graden hatte. Zwischen diesen extremen Fällen lassen sich alle möglichen Mittelstufen beobachten.

Zu den eben angeführten Messungen wurden Objecte verwendet, deren Blüthen, wie erwähnt, ihre volle Entwickelungshöhe erreicht hatten, ein Umstand, den man nicht ausser Acht lassen darf. Häufig nämlich kommt es vor, dass der endliche Neigungswinkel nicht gleich bei der ersten Bewegung erreicht wird, sondern dass die Blüthe zunächst darüber hinausgeht. Wiederholt habe ich beobachtet, dass die letztere bei der Nutation einen Winkel von 95°, 100°, selbst 110° und mehr erlangte, um sich dann wieder rückwärts zu bewegen und in eine Endlage von 85°—80° zu begeben. Bei dem später zu besprechenden Narcissus poeticus

scheint ein derartiges Verhältniss Regel zu sein; ob dies aber auch für N. Pseudo-Narcissus Geltung hat, vermag ich mit Bestimmtheit nicht zu sagen. In einzelnen Fällen, besonders solchen, in denen der Neigungswinkel ein nur kleiner war, konnte ich keinerlei Rückwärtsbewegung wahrnehmen. Ich muss desshalb, dahin gestellt sein lassen, ob die letztere allgemein vorkommt, oder nicht. Möglich, dass das erstere der Fall ist, und dass die Rückwärtsbewegung unter Umständen so gering ist, dass sie ohne besondere Hülfsmittel nicht wahrgenommen werden kann. Wie dem aber auch sei, stets ist bei Versuchsanstellungen auf das erwähnte Verhalten zu achten, wenn es sich um die Beurtheilung von Endlagen[1]) der Blüthen handelt; ein Umstand, auf welchen hier gleich ausdrücklich aufmerksam gemacht werden soll.

Die vorhin angegebene Lage der Blüthe, welche auch ferner einfach als horizontale bezeichnet werden mag, trotzdem dies streng genommen nicht genau zutrifft, kann auf zweierlei Weise erreicht werden. Im einen Falle steht der Schaft vertical; dann führt der Blüthenstiel allein die volle Krümmung aus. Im anderen nimmt der Schaft eine mehr oder weniger geneigte Stellung ein, oder kann auch gebogen sein; dann ist der Neigungswinkel der Blüthe zwar unverändert, allein der Winkel, welchen die Längsaxe der Blüthe mit der Verlängerung des Schaftes bildet, ein kleinerer. In den jüngeren Altersstadien steht der Schaft gewöhnlich vertical aufrecht; später dagegen erfährt er, besonders wenn seine Länge beträchtlich und das Gewicht der Blüthe erheblich ist, eine mehr oder minder weit gehende Neigung. — Da der Winkel, welchen die Längsaxe des Schaftes mit der der Blüthe bildet, bei unseren Versuchen ungleich häufiger in Betracht kommt, als der Neigungswinkel, so erscheint es nothwendig, ihn durch einen besonderen Namen von dem letzteren zu unterscheiden; er soll als Axenwinkel bezeichnet werden. Um über die Grösse dieses Winkels an den Pflanzen im Freien Kenntniss zu erlangen,

---

[1]) Zu dem Ausdruck Endlage sei bemerkt, dass ich nicht etwa eine absolute Endlage annehme. Vielmehr glaube ich, dass die Blüthe auch in der scheinbaren Ruhelage beständig kleinen Schwankungen ausgesetzt ist. Da der Stiel auch während und nach der Blüthezeit langsam wächst, so ist wahrscheinlich, dass die Blüthe fortwährend, wenn auch nur innerhalb enger Grenzen, circumnutirt. Gelegentlich von mir gemachte Beobachtungen sprechen durchaus für diese Ansicht.

wählte ich ganz willkürlich 32 Objecte, deren Blüthen ihre volle Entwickelung erlangt hatten, im Uebrigen aber die verschiedensten Neigungen aufwiesen. Die möglichst genaue Messung ergab einen mittleren Axenwinkel zwischen 85° und 80°, genau $81\frac{1}{2}$°. Um diese Zahl bewegten sich die Grössen der Mehrzahl der fraglichen Winkel, während andere sich nach oben und unten verschieden weit davon entfernten. — Man darf sonach annehmen, dass der Schaft, nachdem die Blüthe sich geöffnet und geneigt hat, ebenfalls eine Neigung erfährt, und zwar durchschnittlich von 5 bis 10°. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird diese Neigung lediglich durch die einseitige Belastung verursacht, welche der Schaft durch die Blüthe erfährt.

Da in der Folge vielfach von Messungen des Axenwinkels die Rede sein wird, so soll hier gleich das Verfahren beschrieben werden, nach dem dieselben ausgeführt wurden. Das Object, meistens die ganze Pflanze, wurde auf einen Bogen weissen Papieres flach aufgelegt, so dass die Neigungsebene der Blüthe mit der Fläche des Papieres annähernd parallel lief. Boten die abstehenden Perigonblätter bei diesem Auflegen irgend welchen Widerstand, so wurden sie vorsichtig an ihrer Ansatzstelle abgeschnitten. Um die beim ersten Niederlegen etwa verursachte Veränderung des Axenwinkels zu beseitigen, wurde das Object mit der Blüthe und dem oberen Theile des Schaftes emporgehoben und wieder niedergelegt, oder durch Herabschnellenlassen in die gehörige Lage gebracht. War diese erreicht, dann wurde der Umriss von Schaft und Blüthe mit einem feinen Bleistift entweder vollständig oder nur durch einzelne an den wichtigsten Punkten angebrachte kurze Linien auf dem Papier markirt, das Auge selbstverständlich stets möglichst senkrecht über die anzudeutenden Punkte gehalten. Während der Contour des Schaftes auf diese Weise leicht anzudeuten war, bot das Zeichnen der Blüthe etwas grössere Schwierigkeiten dar; und es wurde der Sicherheit halber ausser dem Umriss auch stets noch die Mitte der Paracorolla nach thunlichst vorsichtiger Schätzung durch einen Strich angedeutet. Nachdem dies geschehen war, wurde das Object fortgenommen, auf dem Papier mit Lineal und Zirkel die Längsaxe von Schaft und Blüthe bestimmt und gezogen, und nun der von beiden gebildete Axenwinkel gemessen. — Es liegt auf der Hand, dass auf diese Weise keine absolut richtigen Bestimmungen gewonnen werden können,

sondern dass bei den Schätzungen kleine Irrthümer mit unterlaufen. Dennoch habe ich dieses Verfahren eingeschlagen, weil es sich, wenn auch zeitraubend, doch als einfach erwies, und bei einiger Uebung und dadurch gewonnener Sicherheit Resultate ergab, welche jedenfalls der vollen Genauigkeit sehr nahe kamen, sicher so nahe, als es für unseren Zweck erforderlich war [1]). Denn in der Mehrzahl der später zu besprechenden Fälle handelt es sich um Ausschläge von beträchtlicher Grösse, bei denen ein kleiner Messungsfehler kaum in Betracht kommt. Bemerken darf ich hierzu wohl, dass ich eine grosse Zahl solcher Bestimmungen gemacht, und mir dadurch einige Sicherheit erworben habe. — Leicht und fast fehlerlos ist die Messung solcher Objecte auszuführen, an denen die Knospen noch geschlossen sind und lange, ganz oder nahezu gerade Körper darstellen, welche vorn ein zugespitztes Ende haben. Die Längsaxe solcher Knospen ist unschwer zu bestimmen, und die Grösse des Axenwinkels dem entsprechend ziemlich sicher anzugeben.

Die junge Knospe erhebt sich vertical aus dem Boden, von der lebhaft grünen Scheide völlig umschlossen; ihre Längsaxe ist und bleibt in der Regel eine gerade. Während ihres Emporwachsens führt sie beständig Circumnutationen aus, in der Art, wie *Darwin* sie in neuester Zeit für alle wachsenden Pflanzentheile nachgewiesen hat. Die Bahn dieser Bewegungen habe ich, allerdings nur nebenher, nach der von *Darwin* angewendeten Methode verfolgt. Sie ist im Ganzen kreisförmig oder elliptisch, und verläuft in zahlreichen zickzackförmigen Windungen hin und her, vor- und rückwärts.

Anfänglich ist die Scheide relativ gross im Vergleich zur Blüthenknospe; die letztere füllt die erstere, besonders in deren oberen Theile, nicht aus. Nach und nach ändert sich aber das Verhältniss; die Knospe nimmt an Umfang zu, während die

---

[1]) Bei meinen Vorversuchen habe ich verschiedene Methoden des Winkelmessens geprüft, konnte mich aber nicht überzeugen, dass eine andere, als die im Text angegebene, bessere Resultate ergeben hätte, und wählte dieselbe desshalb. Vollkommen genaue Bestimmungen zu machen, ist wegen des Blüthenbaues überhaupt nicht ausführbar. Das oben beschriebene Verfahren bietet ausserdem den Vortheil, dass man die Skizzen aufbewahren und zum Vergleich jederzeit zur Hand haben kann; freilich ist es mit grossem Zeitaufwand verbunden.

Scheide nur langsam und später gar nicht mehr wächst. Weiterhin wird diese ganz von der Knospe ausgefüllt, und geräth nun unter eine immer mehr zunehmende Spannung. Endlich reisst sie, und zwar unter normalen Verhältnissen in ihrem oberen Theile, einseitig der Länge nach auf. Die Knospe tritt, sich ausdehnend und entfaltend, allmälig aus der Scheide, und streift diese, welche gelb wird und einschrumpft, rückwärts ab.

Kurze Zeit vor dem Zerreissen steht die Scheide, wie erwähnt, unter hoher Spannung, sowohl der Länge als der Quere nach. Führt man um diese Zeit etwa auf halber Höhe der Knospe vorsichtig Querschnitte aus, so weichen die Schnittflächen alsbald bis zur Weite von $^1/_2$—1 Mm. auseinander, eine Entfernung, die sich meistens noch rasch vergrössert. Die gleiche Beobachtung macht man, wenn man die Scheide der Länge nach aufschneidet.

In der Regel fällt mit dem Platzen der Scheide der Beginn der Krümmung des Stieles zusammen. Doch kann es auch vorkommen, dass eine noch völlig von der Scheide eingehüllte Knospe die Krümmung schon theilweise vollzogen hat, oder dass eine schon fast oder ganz geöffnete Blüthe noch auf geradem Stiele steht.

Das vorhin beschriebene Platzen der Scheide ihrer Länge nach ist das normale. Gegen Schluss der Blüthezeit oder unter ungünstigen Verhältnissen schon früher kommt es auch vor, dass die Scheide der Länge nach zunächst geschlossen bleibt, dagegen etwa auf der Höhe der Ansatzstelle des Perigons an dem Fruchtknoten quer durchreisst. Soweit ich beobachtet habe, ist dieses Vorkommen stets ein Zeichen von mangelhafter Entwickelung; in der Regel war der vordere Theil des Perigons nicht von normaler Beschaffenheit.

Schon während der Blüthezeit, besonders aber während der Fruchtreife, verlängert sich der Stiel mehr und mehr, bis er schliesslich eine Länge von 20—25 Mm. erreicht. Die früher vorhandene Krümmung wird dabei allmälig ausgeglichen, bis schliesslich der angeschwollene Fruchtknoten nur wenig geneigt auf einem Stiele steht, der mit dem Schaft eine fast gerade Linie bildet.

Gehen wir nunmehr zur Darstellung der Versuche über.

Die Pflanze erweist sich als ein ganz vorzügliches Object zu experimenteller Untersuchung. Sie ist wenig empfindlich, und

gedeiht selbst unter sehr ungünstigen Bedingungen. Die Zwiebel, ein Reservoir von plastischen Substanzen, ernährt die Pflanze lange Zeit auch unter völligem Lichtabschluss. Dazu kommt, dass die Pflanze, zumal wenn sie nur eine geringe oder mittlere Länge hat, ein überaus handliches Object ist, das sich leicht in jeder beliebigen Lage anbringen lässt.

Zu den im Nachfolgenden näher erörterten Versuchen wählte ich je nach Bedürfniss Pflanzen von sehr verschiedener Beschaffenheit. In den meisten Fällen erhielten diejenigen den Vorzug, die zwar sehr kräftig entwickelt waren, deren Schaft aber keine grosse Länge besass; in anderen wurden die in jeder Beziehung stärksten Objecte verwerthet. Seltener kam es vor, dass ganz schwache Pflanzen zum Experimentiren benutzt wurden. — Stets aber und in allen Fällen wurden nur ganze Pflanzen verwendet, nie etwa die abgeschnittenen Schäfte mit ihren Blüthen. Entfernt wurden meistens nur die Blätter, da sie vielfach Störungen beim Versuch verursachten; sie wurden dann auf kürzere oder längere Strecke, gewöhnlich bis an die Scheiden, abgeschnitten.

Die zahlreichen Objecte, deren ich bedurfte, lieferte mir ein Standort in der Nähe von Basel. An diesem wuchs die Pflanze zu vielen Tausenden, und zwar sowohl in tiefem humusreichem, als auch in magerem, steinigem Boden. In letzterem sassen die Zwiebeln gewöhnlich der Oberfläche näher, als in ersterem; die Schäfte waren kürzer und gedrungen, und diese Pflanzen daher für die meisten Zwecke am besten zu gebrauchen. Auch fanden sich auf dem mageren Boden noch zu einer Zeit blühende Exemplare, in welcher der fette keine solchen mehr aufwies.

Die Cultur der Objecte geschah je nach Bedürfniss in verschiedener Weise. Bei lange dauerndem Versuch wurden dieselben, nachdem sie vorsichtig ausgegraben worden waren, in mit lockerer Erde gefüllte Töpfe gepflanzt; bei kürzerer Versuchsdauer dagegen wurde ein einfacheres Verfahren eingeschlagen. Es wurden nämlich die Zwiebeln mit einem kleinen, den Wurzeln anhaftenden Erdballen, oder, nachdem dieser vorsichtig entfernt war, in kleine Becher oder ähnlich geformte Gläser gestellt, welche auf ihrem Boden eine so hohe Wasserschicht führten, dass sämmtliche Wurzeln und der Fuss der Zwiebel in dasselbe hinabtauchten. Um den Schaft in die senkrechte Lage zu bringen, wurde der Raum über der Wasserschicht im Glase mit grösseren oder kleineren

lockeren Papierballen angefüllt, und dadurch der Pflanze zugleich eine beliebige feste Stellung im Glase gegeben. Die Herstellung der Versuchs-Objecte in dieser Art war sehr leicht, und letztere wegen ihrer Kleinheit und Leichtigkeit auch in den Fällen zu gebrauchen, in denen die Anwendung eingetopfter Exemplare mit Schwierigkeiten verbunden war. — Endlich drittens wurde, und zwar besonders zu denjenigen Versuchen, in welchen die Objecte in horizontaler oder verkehrter Stellung anzubringen waren, ein noch einfacheres Verfahren beobachtet. Es wurde nämlich der unterste Theil des Schaftes und die Zwiebeln mit ihren Wurzeln nach vorsichtiger Entfernung der Erde in einen Ballen von reinem, weissem, angefeuchtetem Fliesspapier eingeschlagen, und mit diesem in die erforderliche Lage gebracht. Der Ballen wurde von Zeit zu Zeit angefeuchtet, und bei genügend grossem Umfange desselben liessen sich derartig behandelte Objecte selbst in der trockenen Luft des Arbeitszimmers tagelang frisch erhalten. — Alle weiteren Versuchsformen werden im Verlaufe der Darstellung ihre Besprechung finden.

Bevor wir zu den Bewegungen des Stieles übergehen, wollen wir kurz den Schaft in Bezug auf seinen Geotropismus und Heliotropismus prüfen.

Der negative Geotropismus ist sehr energisch; wird der Schaft aus seiner normalen Stellung in eine geneigte übergeführt, so krümmt er sich rasch aufwärts, um wieder in jene zu gelangen. Dies erreicht er in der Regel auch, wenn nicht die Ablenkung von der normalen Lage eine zu grosse war. Ist dieses jedoch der Fall, dann erlangt der Schaft mit seinem vorderen Theile gewöhnlich keine völlig senkrechte, sondern eine nur mehr oder minder nach oben geneigte Lage. An manchen Objecten trifft dies schon zu, sobald sie nur in horizontale Stellung gebracht werden; in viel höherem Grade jedoch, wenn man sie vertical oder doch sehr geneigt abwärts richtet. In diesen Fällen erreicht der vordere Theil des Schaftes meist nur eine horizontale oder schwach nach oben geneigte Stellung; selten krümmt er sich weiter aufwärts. — Es versteht sich von selbst, dass das Alter der Pflanze bei diesen Bewegungen sehr in Betracht kommt. Die oben gemachten Angaben beziehen sich auf Objecte, deren Knospen dem Oeffnen nahe waren, oder sich nicht lange zuvor geöffnet hatten. — Dass die Krümmung wesentlich von dem unteren freien

Theile des Schaftes ausgeführt wird, braucht kaum noch besonders hervorgehoben zu werden.

Anders dagegen, als in der vorhin beschriebenen Art, gestaltet sich die Sache, wenn man eine geotropische Spannung[1]) eintreten lässt. Um diese hervorzurufen, verfährt man am besten in folgender Art. Nachdem Zwiebeln und Wurzeln in der oben erörterten Art in Papierballen eingeschlagen worden sind, legt man die Pflanzen horizontal auf grosse Korkplatten, und befestigt sie in dieser Lage mit Nadeln. Um Verletzungen zu vermeiden, werden jedesmal je zwei Nadeln kreuzweis über den Schaft in die Platte gesteckt, und diesem nur soviel Raum gelassen, dass er sich eben hin und her bewegen kann. Die Zahl der Nadelpaare richtet sich nach der Länge des Schaftes; den hinteren, am meisten wachsenden Theil des Schaftes befestigt man nur locker oder lässt ihn ganz frei. — Derartig behandelte Objecte bringt man mit den Korkplatten in einen dunklen Raum, der mit wasserdampfhaltiger Atmosphäre erfüllt ist, am besten in einen gut schliessenden, innen geschwärzten Zinkkasten, den man obendrein noch in ein finsteres Zimmer stellen kann.

In der ihm aufgenöthigten Lage setzt das Object sein Wachsthum fort; besonders der hintere Theil des Schaftes bildet auf der Platte nach verschiedenen Richtungen Bögen und Torsionen, deren erstere sich durch vorsichtiges Rückwärtsziehen der Zwiebel theilweise ausgleichen lassen. — Hat man die Pflanze je nach der Temperatur einen, zwei oder drei Tage in der horizontalen Lage verbringen lassen, und entfernt nun rasch die Nadeln, so schnellt der vordere Theil des Schaftes, einen Bogen beschreibend, empor; dann wird die Bewegung langsamer, aber immer weiter fortgesetzt, bis schliesslich die Blüthe oder Knospe ungefähr bei der Zwiebel ankommt, und der ganze Schaft eine Ellipse beschreibt. Manchmal wird die ganze Bewegung in der Verticalebene ausgeführt; in anderen Fällen dagegen machen sich Torsionen geltend und die Krümmung tritt mehr oder weniger aus der Vertical-Ebene heraus. — In dem niedergelegten und gewaltsam in horizontaler Lage gehaltenen Schafte entwickelt sich also

---

[1]) Vergl. über diesen Gegenstand: *H. de Vries.* Sur les causes des mouvements auxotoniques des organes végétaux. — Extrait des Archives Néerlandaises. T. XV. p. 14.

zwischen den verschiedenen Geweben eine hohe Spannung, welche sich in Bewegung umsetzt, sobald die Fessel gelöst, der Widerstand beseitigt wird. — Dass der auf diese Weise gewonnene Effect ein viel grösserer sein muss, als dann, wenn die Pflanze zwar horizontal gelegt, aber nicht befestigt wird, ist ohne Weiteres verständlich.

Die eben besprochene Erscheinung habe ich auch an anderen Objecten, z. B. an den Schäften von Leucojum vernum, beobachtet. Hier gelang der Versuch schon vollständig, wenn die Pflanze bei Zimmertemperatur 24 Stunden in horizontaler Lage zugebracht hatte.

Auf die Einzelheiten des ganzen Vorganges der geotropischen Spannung einzugehen, ist hier nicht der Ort.

Wie nicht anders zu erwarten, ist der Schaft unserer Pflanze auch positiv heliotropisch. Bringt man ein Object unter einseitige Beleuchtung, so krümmt sich der Schaft soweit nach dem Licht, bis sich sein negativer Geotropismus und der positive Heliotropismus das Gleichgewicht halten. Hierbei findet man, dass der letztere erheblich schwächer ist, als der erstere, denn die nach dem Licht gerichtete Krümmung ist, wenn auch ziemlich grossen Schwankungen unterworfen, niemals eine sehr beträchtliche.

Wir gelangen nunmehr zur Hauptsache, zu den Bewegungen des Blüthenstieles, und zwar sollen uns hier nur diejenigen Fälle beschäftigen, in denen der Stiel in normalem Zusammenhange mit Blüthe und Schaft steht.

Die erste Frage, welche hier zu beantworten ist, geht dahin: Ist die Richtung der Krümmung eine bestimmte, ist es immer eine und dieselbe Längsseite des Stieles, welche erhöhtes Wachsthum erfährt, oder kann die Blüthe sich nach jeder Seite neigen?

Auf diese Frage giebt schon die bloss äusserliche Betrachtung der Stiele Antwort. Es stellt sich nämlich heraus, dass die Mehrzahl derselben nach einer der beiden Breitseiten gekrümmt ist, und demnach auf der gegenüberliegenden das stärkere Wachsthum erfahren hat. Daneben kommen aber auch Fälle vor, in denen eine der Schmalseiten die grösste Länge besitzt, und endlich solche, in denen an beliebigen, zwischen den Mittellinien der breiten und schmalen Seite gelegenen Orten das intensivste Längenwachsthum stattgefunden hat. — Es ergiebt sich sonach, dass die Krümmung der Blüthe nicht nach einer bestimmten Richtung erfolgt, sondern ganz beliebig orientirt sein kann, ein Schluss, der übrigens in

zahlreichen, später zu besprechenden Experimenten seine Bestätigung erfährt.

Die weitere Frage, durch welche Umstände nun die Richtung der Neigung bestimmt wird, vermag ich nicht mit Bestimmtheit zu beantworten, glaube jedoch, dass sie in vielen Fällen durch den ungleichen Widerstand bedingt wird, welchen die verschiedenen Längsseiten der Scheide vor dem Platzen darbieten. Dass dem so sei, schliesse ich aus dem Ergebniss eines einfachen Versuches, den ich nach einander an 13 Objecten angestellt habe. Es wurde nämlich an Pflanzen, die noch auf geraden Stielen standen, aber dem Platzen der Scheide nahe waren, die letztere auf halber Höhe des Blüthenstieles etwa zur Hälfte des Umfanges quer durchschnitten. Mit einer einzigen Ausnahme fand stets die Neigung nach der Seite hin statt, welche dem Schnitt gegenüber lag. Auf dieser war offenbar, nachdem der Schnitt angebracht war, allein noch longitudinale Spannung vorhanden; nach dieser hin wurde somit gewisser Massen gezogen, während die andere Seite keinen Widerstand bot. — Aehnliche Verhältnisse dürften auch in der noch geschlossenen Scheide, wenngleich in viel geringerem Grade ausgebildet, vorhanden sein. Man darf annehmen, dass die circumnutirende Knospe nach derjenigen Längsseite sich beugen wird, an welcher die Scheide longitudinal am stärksten gespannt ist. Dass aber derartige Spannungsverschiedenheiten in der Scheide vorhanden sind, ist in hohem Grade wahrscheinlich. Möglich wäre es aber auch, dass diese Unterschiede erst beim Platzen der Scheide eintreten, welches da erfolgt, wo die letztere den geringsten Widerstand in der Querrichtung bietet.

Hier ist jedoch zu bemerken, dass die Krümmung des Stieles auch dann erfolgt, wenn man die Scheide auf der oben erwähnten Höhe nicht ihrem halben, sondern ihrem ganzen Umfange nach durchschneidet, und damit die Entstehung einer einseitigen Spannung in der Scheide unmöglich macht. In diesem Falle liegen die Ursachen für die Richtung der Krümmung im Stiele selbst, ein Umstand, der nicht zu übersehen ist.

Nach Erledigung dieser Vorfragen wollen wir den Process der Krümmung selbst ins Auge fassen. Wie verhalten sich bei dem Wachsthumsvorgange die convexe und die concave Seite?

Um in diesem Punkte Klarheit zu erlangen, wurde eine Anzahl von Objecten gewählt, deren Knospen noch jung waren

und auf völlig geraden Stielen standen. An solchen tritt der Beugungsprocess ein, wenn sie eine Länge von etwa 4 Mm. erreicht haben, und wird dann bei genügend hoher Temperatur ziemlich rasch, in 1—2 Tagen, ausgeführt. — Durch einen vorsichtig etwa auf halber Höhe des Fruchtknotens geführten Kreisschnitt wurde der untere Theil der Scheide von dem oberen getrennt, der erstere nach Zerreissung in zwei oder drei Längslamellen am Stiel abwärts gezogen, und diese dann unmittelbar an der Ansatzstelle unter Beobachtung aller Vorsichtsmassregeln abgeschnitten. Nachdem so der Stiel seiner ganzen Länge nach blossgelegt war, wurde er auf seinen beiden breiten Seiten mit feinen Lackmarken versehen, welche um je $^1/_2$ Mm. von einander entfernt waren. Das Auftragen der Marken geschah derart, dass die Theilung nach ganzen Millimetern direct nach einem angelegten Massstab, die nach halben Millimetern dagegen frei nach dem Augenmass ausgeführt wurde. Der unterste Strich wurde so nahe wie möglich über der Ansatzstelle des Stieles an den Schaft angebracht, der höchste reichte bis an den Fruchtknoten hinauf. — Unter den so behandelten Objecten krümmte sich die Mehrzahl, wie erwartet, nach einer der beiden Breitseiten, andere nach einer der schmalen Seiten.

Von den erstgenannten Objecten, die selbstverständlich allein in Betracht kamen, sollen vier genauer besprochen werden, welche aus der verticalen in die normale horizontale Lage übergegangen waren. In allen Fällen war zwischen dem untersten Strich und der Ansatzstelle des Stieles an den Schaft ein verhältnissmässig langes Stück eingeschaltet. — Bezüglich der im Nachfolgenden gemachten Zahlenangaben sei bemerkt, dass Bruchtheile von 0,5 Mm. noch ziemlich genau, solche von 0,2 Mm. dagegen nur annähernd richtig sind. Die Numerirung der Millimeter läuft von unten nach oben.

1. Object.

a. Convexe Seite.

Unter dem untersten Theilstrich eingeschaltet . . .	1,25	Mm.
Der 1. Mm. hat sich verlängert auf	2,25	„
„ 2. „ „ „ „ „	2	„
„ 3. „ „ „ „ „	1,5	„
„ 4. „ „ „ nicht verlängert . . . . =	1	„
Von 4 Mm. ist die Seite demnach verlängert auf . .	8	Mm.

b Concave Seite.

Unter dem untersten Theilstrich eingeschaltet . . .		1,25 Mm.
Der 1. Mm. hat sich nicht verlängert	=	1 „
„ 2. „ „ „ „ „	=	1 „
„ 3. „ „ „ kaum messbar verlängert .	=	1 „
„ 4. „ „ „ nicht verlängert	=	1 „
Von 4 Mm. ist die Seite demnach verlängert auf . .		5,25 Mm.

2. Object.

a. Convexe Seite.

Unter dem untersten Theilstrich eingeschaltet . . .		1,5 Mm.
Der 1. Mm. hat sich verlängert auf		2 „
„ 2. „ „ „ „ „		2 „
„ 3. „ „ „ „ „		1,5 „
„ 4. „ „ „ „ „		1,25 „
„ 5. „ „ „ nicht verlängert	=	1 „
Von 5 Mm. ist die Seite demnach verlängert auf . .		9,25 Mm.

b. Concave Seite.

Unter dem untersten Theilstrich eingeschaltet . . .		1,25 Mm.
Der 1. Mm. hat sich verlängert auf		1,25 Mm.
„ 2. „ „ „ nicht verlängert	=	1 „
„ 3. „ „ „ „ „	=	1 „
„ 4. „ „ „ „ „	=	1 „
Von 4 Mm. ist die Seite sonach verlängert auf . . .		5,50 Mm.

3. Object.

a. Convexe Seite.

Unter dem untersten Theilstrich eingeschaltet . . .		1 Mm.
Der 1. Mm. hat sich verlängert auf		2 „
„ 2. „ „ „ „ „		2 „
„ 3. „ „ „ „ „		1,5 „
„ 4. „ „ „ „ „		1,25 „
„ 5. „ „ „ nicht verlängert	=	1 „
Von 5 Mm. ist die Seite nunmehr verlängert auf . .		8,75 Mm.

b. Concave Seite.

Unter dem untersten Strich kein messbares Stück eingeschaltet.

Der 1. Mm. hat sich verlängert auf		1,5 Mm.
„ 2. „ „ „ „ „		1,25 „
„ 3. „ „ „ „ „		1,25 „
„ 4. „ „ „ nicht verlängert	=	1 „
Von 4 Mm. ist die Seite somit verlängert auf . . .		5 Mm.

4. Object.

a. Convexe Seite.

Unter dem untersten Strich eingeschaltet		1,5 Mm.
Der 1. Mm. hat sich verlängert auf		2 „
„ 2. „ „ „ „ „		2,5 „
„ 3. „ „ „ „ „		1,5 „
„ 4. „ „ „ nicht verlängert.	=	1 „
Von 4 Mm. ist die Seite demnach verlängert auf . .		8,5 „

b. Concave Seite.

Unter dem untersten Strich kein messbares Stück eingeschaltet.

Der 1. Mm. hat sich verlängert auf		1,5 Mm.
„ 2. „ „ „ „ „		1,5 „
„ 3. „ „ „ „ „		1,25 „
„ 4. „ „ „ nicht verlängert	=	1 „
Von 4 Mm. ist die Seite somit verlängert auf . . .		5,25 Mm.

Aus den angeführten und anderen Messungen, die näher zu beschreiben nicht nothwendig erscheint, folgt, dass die Krümmung des Stieles auf einem Wachsthumsprocess beruht, bei dem zwei gegenüberliegende Längsseiten sich ungleich strecken, dass derselbe aber in nicht stets genau gleicher Weise verläuft. Im Allgemeinen nimmt das Wachsthum des Stieles von oben nach unten zu; sowohl das Wachsthum zwischen den auf einander folgenden Theilstrichen, als besonders die Einschaltung des Stückes unter dem 1. Theilstrich zeigen dies zur Evidenz.[1]) Dagegen ist das Verhältniss zwischen der convexen und concaven Seite ein wechselndes. In einem Falle verlängert sich die concave Seite nicht in messbarer Weise, während sich die convexe erheblich streckt; im andern wachsen beide Seiten, die concave wenig, die convexe ungleich stärker. — Hierzu sei bemerkt, dass der gekrümmte Stiel auf der concaven, wie auf der convexen Seite fast ausnahmslos eine glatte Oberfläche besitzt; kleine Falten auf der ersteren habe ich nur selten beobachtet.

Es ergiebt sich weiter aus unseren Beobachtungen, dass die Krümmung selbst nur auf der kurzen Strecke von 3—4 Mm. ausgeführt wird, dass das während der Krümmung an der Basis des

[1]) Die gleiche Wachsthumsart besitzt, wie oben erwähnt, der Schaft; auch er bildet seine Spitze zuerst aus, und wächst an der Basis am längsten. Da der Stiel die gerade Verlängerung des Schaftes darstellt, die Gewebe beider in einander übergehen, so erscheint diese Thatsache sehr merkwürdig.

Stieles eingeschaltete Stück in der Regel schon nicht mehr in die Biegung hineingezogen wird.

Nachdem festgestellt war, in welcher Art die Krümmung des Stieles ausgeführt wird, handelte es sich weiter um den Nachweis, wie sich das Wachsthum äussert, ob in Zellentheilung, Zellenstreckung, oder in beiden zugleich; ob die Elemente der convexen und concaven Seite in Folge von auf ersterer stattgehabten Theilungen gleich lang bleiben, oder ob die der ersteren den der letzteren im Längenwachsthum voraneilen.

Bekanntlich hat *Sachs*[1]) dieselbe Frage bezüglich des sich krümmenden Grasknotens behandelt und dargelegt, dass das Wachsthum der convexen Unterseite desselben auf Längsstreckung der vorhandenen Elemente beruht, dass eine Vermehrung derselben dabei nicht stattfindet. Dasselbe Resultat erhielt der genannte Forscher[2]) auf Grund von Untersuchungen, die er an sich krümmenden Wurzeln ausführte.

Meine Beobachtungen ergaben, dass die Krümmung auch an unseren Stielen, von etwa vorkommenden Theilungen abgesehen, jedenfalls der Hauptsache nach auf einer ungleichen Streckung der Elemente beider Längshälften beruht. — Diese Thatsache wurde zunächst für die Epidermis in folgender Art constatirt. An scharf gekrümmten Stielen wurden von den Mitten der convexen und der concaven Seite kleine Epidermispartieen vorsichtig abgehoben, und mit der Camera lucida gezeichnet. Dann wurden die Elemente der einzelnen Längsreihen gemessen, aus einer grösseren Zahl solcher Messungen die mittlere Länge einer Epidermiszelle bestimmt, und nun der Vergleich gezogen. Zwei solcher Bestimmungen mögen hier angeführt werden.

Der Mittelwerth, welcher sich für die Länge von 30 eine Gruppe bildenden Epidermiszellen der convexen Seite eines stark gekrümmten Stieles ergab, betrug 84 Mikromill.; die mittlere Länge von 30 Elementen der concaven Unterseite dagegen nur 38 Mikromill. Diese hatten also nicht ganz die halbe Länge der Zellen der convexen Seite; das Verhältniss zwischen beiden war annähernd wie 2 : 1.

---

[1]) *J. Sachs.* Längenwachsthum der Ober- und Unterseite horizontalgelegter sich aufwärts krümmender Sprosse. — Arbeiten des botanischen Instituts zu Würzburg. Leipzig 1874. S. 204.

[2]) l. c. Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. S. 465 ff.

In einem zweiten Falle wurden je 40 Elemente von den beiden Seiten eines etwas schwächer gekrümmten Stieles gemessen. Die gefundene mittlere Länge betrug für die Zellen der convexen Seite 88 Mikromill.; für die der concaven 50 Mikromill. Die Längen der beiderlei Elemente verhielten sich also annähernd wie 9:5.

Nun wurden mässig dicke Längsschnitte durch die ganze mittlere Partie des gekrümmten Stieles hergestellt, und vermittelst derselben constatirt, dass analoge Verschiedenheiten auch in dem parenchymatischen Gewebe der beiden Längshälften des Stieles vorhanden, dass die Elemente der convexen Hälfte erheblich länger sind, als die der concaven. Es ergab sich weiter, dass die Intercellularräume der convexen Hälfte umfangreicher sind, als die der concaven; dass die Beschaffenheit, welche früher für den centralen Theil des geraden Stieles beschrieben wurde, auch in der peripherischen Partie der convexen Hälfte des gekrümmten auftritt. Zellenlagen, welche, wie die 3., 4., 5. und meist auch noch weitere unter der Epidermis, im geraden Stiel gerade Reihen auf dem Längsschnitt darstellen, erscheinen, zumal die inneren, auf dem Längsschnitt des gekrümmten Stieles als gewundene Reihen mit grösseren Intercellularen.

Aus den angeführten Thatsachen folgt, dass die Krümmung des Stieles, wenn auch vielleicht nicht ausschliesslich, so doch unzweifelhaft vorwiegend auf Streckung der Elemente der convexen Seite beruht, ein Resultat, das mit dem von *Sachs* für die Krümmung des fertigen Grasknotens und der Wurzeln gewonnenen völlig übereinstimmt. Es ist möglich, ja wahrscheinlich, dass in unserem Falle wegen der Jugendlichkeit der Gewebe mit der Dehnung derselben noch Theilungen Hand in Hand gehen; sicher aber ist, dass der ganze Wachsthumsvorgang, welcher bei der Krümmung des Stieles stattfindet, in erster Linie ein Dehnungsprocess ist, und dass etwa vorkommende Theilungen von secundärer Bedeutung sind.

Wie oben erwähnt, bleibt bei der Krümmung des Stieles die concave Seite derselben in der Regel glatt. Ein anderes Verhalten tritt ein, wenn man, wie das in unseren Versuchen vielfach geschehen wird, einen schon gekrümmten Stiel sich wieder gerade strecken lässt. Bei diesem Process erfährt die bisher concave Seite, und zwar wieder durch Dehnung der Zellen, ein überwiegendes

Längenwachsthum, während die convexe Seite dabei wahrscheinlich comprimirt wird. Das letztere geht daraus hervor, dass auf derselben mehr oder minder zahlreiche feine Querfalten auftreten. Es findet hier also ein ähnlicher Vorgang statt, wie ihn *Sachs* für die concave Seite des sich krümmenden Grasknotens beschrieben hat.

Fassen wir nunmehr die Ursachen der Krümmung ins Auge. Ist es eine äussere Kraft, etwa das Licht oder die Schwerkraft, oder sind es innere Ursachen, welche hier bedingend auftreten? Oder haben wir es mit einem ganzen Complex von Kräften zu thun?

Dass das Licht einen entscheidenden Einfluss ausübe, wird schon durch die Beobachtung der Pflanzen im Freien unwahrscheinlich gemacht. Die Krümmung wird, auch an Orten mit nicht allseitig gleicher Beleuchtung, ziemlich gleichmässig nach allen Himmelsrichtungen ausgeführt, ein Umstand, welcher der Annahme eines massgebenden Einflusses des Lichtes nicht günstig ist. Die Sache ist aber durch ein einfaches Experiment leicht zu entscheiden.

Man nimmt eine beliebige Anzahl von Objecten, deren Knospen noch auf ganz geraden Stielen stehen, und setzt dieselben in der früher besprochenen Art in Trinkgläser, und mit diesen in einen dunklen Raum. Der letztere wird leicht dadurch hergestellt, dass man die Gläser in grosse Thonschalen stellt, welche unten eine Sandschicht führen, und dann mit einem schwarzen Recipienten bedeckt, dessen unteren Rand man in die Sandschicht hinabschiebt. Auf diesem Wege ist ein ausreichend dunkler Raum herzustellen; der Vorsicht halber kann man das Ganze noch in eine dunkle Kammer oder in einen gut schliessenden, innen geschwärzten Schrank stellen. — Hebt man, nachdem der Versuch wenige Tage gedauert hat, den Recipienten empor, so findet sich, dass alle Objecte ihre Stiele in normaler Art gekrümmt, dass die einen ihre Blüthen schon geöffnet haben, während die anderen eben im Oeffnen begriffen sind.

Aus diesem Resultate folgt, dass die Krümmung auch unter Lichtabschluss ausgeführt wird, und dass demnach das Licht keinen massgebenden Einfluss auf dieselbe ausüben kann. Es entsteht nun die nächste Frage: ist es die Schwerkraft, welche

bestimmend einwirkt? Um dieses Problem zu lösen, benutzte ich den von *Sachs* zuerst verwendeten Klinostat. Der Apparat, den ich mir für diese und ähnliche Zwecke schon vor drei Jahren habe bauen lassen, besitzt die bekannte Construction, jedoch mit einer kleinen Abweichung. Der von *Sachs* angegebene Klinostat wird durch ein Uhrwerk mit gewöhnlichem Pendel in Bewegung gesetzt; die letztere erfolgt daher stossweise. Beständige Stösse und Erschütterungen könnten aber auf empfindliche, wachsende Körper einen Einfluss ausüben, welcher die Reinheit des Resultates trübt. Ich liess daher ein Uhrwerk mit Cylinderpendel bauen, durch welches die horizontale Axe in beständig gleichmässige Drehung versetzt wird. Der ganze Apparat ist ausserdem von sehr massiver Construction, so dass damit Lasten von 10—15 Kgm. in Bewegung gesetzt werden können. Die horizontale Axe, je nach Bedürfniss dicker oder dünner, besitzt eine Länge von 85 Ctm. und ruht auf zwei massiven Ständern; durch Verkürzung oder Verlängerung des Pendels kann sie in langsamere oder raschere Rotation versetzt werden. Gewöhnlich führte sie bei den im Nachstehenden besprochenen Versuchen in etwa 25 Minuten eine Drehung aus. — Die Objecte wurden auf mehr oder minder grossen Korkscheiben befestigt, welche auf die horizontale Axe geschoben waren. Um, wie in den meisten Fällen nothwendig, eine feuchte Atmosphäre für die Objecte herzustellen, wurde in folgender Art verfahren. Auf den Tisch, der den Apparat trug, wurde unter die horizontale Axe eine grosse niedrige Zinkschale gestellt, welche ungefähr die Länge der Axe besass, und mit einer niedrigen Wasserschicht versehen wurde. In diese Schale passte ziemlich genau ein grosses Glasgehäuse, dessen Scheiben einem Gerüst von Zink und Eisenblech eingefügt, und dessen Endwände an den Durchgangsstellen der Axe mit Oeffnungen versehen waren. Das ganze Gehäuse hatte die Form eines kleinen Hauses mit mässig geneigtem Dach. Um nicht immer beim Controlliren und Aendern der Versuche das ganze Gehäuse abheben zu brauchen, war die eine Hälfte des Daches so eingerichtet, dass man sie öffnen und schliessen konnte. Die Seitenwände und unter Umständen auch das Dach wurden mit feuchtem, weissem Fliesspapier ausgekleidet, welches mit seinem unteren Theile in die Wasserschicht der Schale hinabreichte und sich so capillar stets feucht erhielt. Die Wasserschicht am Boden und das feuchte

Papier an den Wänden reichten völlig aus, um die Atmosphäre in dem Gehäuse mit Wasserdampf zu sättigen.

Sollte der mit dem Apparat angestellte Versuch im Finstern verlaufen, dann wurde über die ganze Vorrichtung ein grosses, innen und aussen mit schwarzem Papier überzogenes Pappgehäuse gestellt; erschien besondere Vorsicht nothwendig, dann wurde das Ganze noch mit einem schwarzen Tuche verhängt, oder in einen verdunkelten Raum gebracht. — Erforderte der Versuch, dass das Licht einseitig parallel zur horizontalen Axe des Apparates einfiel, so wurde ein ähnliches Pappgehäuse verwendet, dessen eine Endwand aber mit einer grossen runden Oeffnung versehen war, welche das Licht in der gewünschten Art ins Innere des Apparates fallen liess.

An den auf der horizontalen Axe dieses Apparates angebrachten Korkscheiben, welche in diesem Falle einen Radius von 13 Ctm. und eine Dicke von 2,5—3 Ctm. besassen, wurden Pflanzen mit noch auf ganz geraden Stielen stehenden Knospen horizontal befestigt. An der Peripherie der einen Scheibe wurden die Zwiebeln mit langen, durch die äusseren Zwiebelschalen gesteckten Nadeln festgespiesst; an dem Umfang einer anderen, die in angemessener Distanz auf der Axe angebracht war, mit je zwei kreuzweis über dieselben gesteckten Nadeln die Schäfte in geringer Entfernung von den Blüthenstielen befestigt. Die Schäfte selbst blieben dabei völlig unversehrt; die Befestigung derselben war ausserdem so locker, dass ihnen noch ein genügender Spielraum blieb, um sich hin und her bewegen zu können. Die letztere Vorsichtsmassregel war unerlässlich, da in Folge des im basalen Theile des Schaftes stattfindenden, meist energischen Längenwachsthums Krümmungen und leicht Brüche entstehen, wenn der vordere Theil unverrückbar befestigt ist. Ist dagegen zwischen den Nadeln, welche den letzteren halten, genügender Raum vorhanden, so wird die Knospe einfach vorangeschoben, und der Schaft bleibt während der ganzen Versuchsdauer gerade. — Zu diesen und, das sei hier gleich bemerkt, den meisten Versuchen verwandter Art wurden nur Objecte von geringer oder mittlerer Länge benutzt. Es konnten so an der Axe meines Apparates bequem zwei Reihen von Versuchspflanzen, jede etwa 10—12 enthaltend, angebracht werden; bei längeren Objecten wurde der Schaft zweimal an Korkscheiben befestigt. Die Zwiebeln und Wurzeln

wurden durch immer wiederholtes Bespritzen feucht und der ganze Raum ausserdem in der früher erörterten Art mit Wasserdampf gesättigt erhalten. — Nachdem das Uhrwerk in Bewegung gesetzt war, entzog ich die ganze Vorrichtung dem Lichteinfluss.

Als Resultat dieses Versuches, zu dem, wie noch einmal hervorgehoben werden soll, nur Objecte mit noch jungen, geraden Blüthenstielen verwendet wurden, ergab sich, dass die Blüthen unter beträchtlicher Streckung des Schaftes sich in normaler Weise öffneten, ohne dass der Stiel irgend eine Krümmung erfuhr; die völlig entwickelten Blüthen standen auf geraden Stielen. — Aus dieser Thatsache folgt, dass es die einseitige Wirkung der Schwerkraft ist, welche bei normal-aufrechter Stellung der Pflanze die Krümmung des Blüthenstieles bewirkt. Diese Wirkung der Schwerkraft, d. h. die Componente derselben, welche in die Längsaxe des Schaftes fällt, wird = 0, wenn man die Pflanze in horizontale Lage bringt; dafür wird aber die Horizontal-Componente in dieser Stellung = 1. Diese kann aber, vorausgesetzt, dass sie — was von vornherein unwahrscheinlich — überhaupt auf die hier behandelte Bewegung einen Einfluss hat, denselben nicht äussern, da ihre Angriffspunkte sich in Folge der Drehung beständig ändern.[1])

---

[1]) Anm. Hierzu sei Folgendes bemerkt. Bei der oben beschriebenen Art der Bewegung wird jede Zelle des Objects gewisser Maassen um diejenige ihrer Axen gedreht, welche der Längsaxe des Schaftes parallel läuft. Um mich darüber zu vergewissern, dass die Drehung um die dazu senkrechte Axe von gleicher Wirkung sei, befestigte ich kurze Objecte an den Korkscheiben in der Art, dass sie der Tangentenrichtung parallel liefen, und setzte sie so in Bewegung. Es kam nun in zwei Lagen lediglich die Vertical-Componente, jedoch in der Art zur Geltung, dass sie das eine Mal auf die aufrechte, das andere Mal auf die verkehrte Pflanze wirkte. In zwei mit der eben genannten sich kreuzenden Lagen war ausschliesslich die Horizontal-Componente der Kraft thätig; in der einen Lage aber wirkte sie auf die eine, in der anderen auf die entgegengesetzte Seite. In jeder anderen Stellung der Pflanze zerfiel die Wirkung der Schwerkraft in eine Horizontal- und Vertical-Componente, so zwar, dass jedesmal in zwei um 180° von einander entfernten Lagen die gleichlautenden Componenten gleich, aber entgegengesetzt waren, und sich somit aufhoben. — Bei dieser Form der Bewegung wurde jede Zelle um diejenige ihrer Axen gedreht, welche senkrecht auf der Längsaxe des Schaftes stand.

Wie nicht anders zu erwarten war, blieb auch in diesem Falle der Stiel gerade.

Es muss sonach der Stiel gerade bleiben, wenn die Schwerkraft unter normalen Verhältnissen die Ursache der Krümmung ist.

Die ganze Frage aber bedarf noch eines eingehenden Studiums.

Wirkung von Schwerkraft und Rectipetalität.

Bevor wir den begonnenen Gegenstand weiter verfolgen, wollen wir zunächst ein nicht unwichtiges Experiment anstellen. Wir wollen den vorhin beschriebenen Versuch wiederholen, jedoch mit einem kleinen Unterschiede. Es sollen nicht Objecte mit geraden Blüthenstielen der Drehung ausgesetzt werden, sondern solche, deren Stiele schon ganz oder theilweise gekrümmt sind. Geschieht dies, dann stellt sich heraus, dass die Stiele sich wieder mehr oder weniger gerade strecken; in einigen geht der Process bis zu völliger Geradstreckung, in anderen bis zu einer grösseren oder geringeren Verkleinerung des Axenwinkels. — Das Experiment wurde öfter wiederholt; ich will hier die Messungen von zwei Versuchsreihen geben, in denen meistens Objecte verwendet wurden, deren Stiele sich schon völlig gekrümmt hatten, während die Stiele anderer noch in der Krümmung begriffen waren. — Bezüglich der im Nachfolgenden gemachten Angaben sei bemerkt, dass die erste Columne die Nummern der Objecte, die zweite den beim Beginn des Versuches gemessenen Axenwinkel, die dritte endlich den Bogen angiebt, welchen die Blüthe bis zum Schluss des Versuches rückwärts durchlaufen hat.

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.	No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	67°	40°	12.	70°	40°
2.	50°	8°	13.	61°	41°
3.	88°	32°	14	18°	18°
4.	113°	63°	15.	61°	41°
5.	104°	79°	16.	24°	16°
6.	117°	60°	17.	52°	22°
7.	107°	63°	18.	40°	40°
8.	45°	14°	19.	115°	115°
9.	14°	0°	20.	46°	30°
10.	85°	60°	21.	112°	100°
11.	62°	22°			

Berechnet man aus diesen Zahlen die Mittelwerthe, so ergiebt sich ein anfänglicher Axenwinkel von 69°, und ein rückwärts

durchlaufener Bogen von 43°, Grössen, die sich verhalten wie 100 : 62.

Hierzu sei bemerkt, dass das gleiche Ergebniss folgt, wenn man Pflanzen mit gekrümmten Stielen an dem Rande der Scheiben in der Art befestigt, dass sie der Tangente parallel gerichtet sind.

Aus diesen Resultaten ziehen wir den Schluss, dass in dem gekrümmten Stiele eine Ursache oder ein System von Ursachen vorhanden ist, welches dahin zielt, die Geradstreckung desselben zu bewirken. Bei normaler Stellung der Pflanzen kommt diese Tendenz des Stieles nicht zur Geltung, da der Einfluss der Schwerkraft in diesem Falle grösser ist, als der jener inneren Kraft. Wird dagegen der einseitige Angriff der Schwerkraft aufgehoben, dann zeigt sich die Wirkung der inneren Ursache.

Da uns diese innere Ursache in der Folge vielfach gegenüber treten wird, so erscheint es zweckmässig, für die mit ihr ausgerüsteten Organe bestimmte Bezeichnungen einzuführen. Ein Organ, welches aus inneren Ursachen in gerader Richtung fortzuwachsen strebt, soll als rectipetal, ein solches dagegen, welches aus autonomen Ursachen sich krümmt, als curvipetal bezeichnet werden; und zwar gelten diese Benennungen, gleichviel welcher Art die Natur des Gebildes sonst sei. Zu welcher von beiden Classen ein Organ gehört, wird sich stets ergeben, wenn man dasselbe von Anfang an unter gleichförmigen äusseren Bedingungen wachsen lässt. Ist es rectipetal, so kann sich dieser Charakter, und zwar schlagend, auch dadurch offenbaren, dass dasselbe, wenn durch einen äusseren Einfluss gekrümmt, nach Beseitigung des letzteren wieder in die gerade Richtung zurückkehrt. Umgekehrt folgt aber daraus, dass ein gekrümmtes Organ, wenn unter gleichförmige äussere Bedingungen gebracht, sich nicht gerade streckt, noch keineswegs, dass es nicht rectipetal sei. Denn es ist klar, dass, nachdem einmal die Krümmung ausgeführt ist, Umstände eintreten können, welche die Geradstreckung verhindern, trotzdem die Tendenz zu dieser vorhanden und trotzdem die ursprünglich krümmende Ursache verschwunden ist. —

Durch die Bezeichnungen Rectipetalität und Curvipetalität sollen also die fraglichen Eigenschaften der Organe und zugleich deren Ursachen angedeutet werden. Welcher Art die letzteren sind, lässt sich zur Zeit nicht sagen. So lange es nicht gelungen

ist, sie weiter zu zergliedern, fasst man sie am besten als einheitliche auf, und bringt sie als solche in Rechnung.

Die Wirkung der Rectipetalität geht also dahin, den wachsenden Stiel in gerader Richtung zu erhalten, oder einen gekrümmten Stiel nach Aufhören des krümmenden Einflusses wieder gerade zu strecken. Dies folgt zur Evidenz aus den Fällen, in welchen die völlige Geradstreckung eines gekrümmten Stieles erreicht wird. Wie unsere Experimente lehren, geht aber die Streckung in der Regel nicht so weit, sondern es behält der Stiel eine Krümmung bei, die im Durchschnitt 26° beträgt. Dass dieser Winkel nicht ebenfalls durchlaufen wird, beruht offenbar auf einer Hemmung, die ihren Sitz in der Textur des Gewebes hat. Wie hier gleich bemerkt werden soll, tritt uns diese Hemmung bei fast allen Bewegungen entgegen, und zwar in um so höherem Masse, je älter das Gewebe ist. Sie muss also stets als eigener Factor in Betracht gezogen werden; in unseren letzten Versuchen wurde dessen Grösse durch einen nicht durchlaufenen Bogen von 26° dargestellt.

Nachdem die Rectipetalität des Blüthenstieles von Narcissus nachgewiesen ist, drängt sich alsbald die Frage nach dem genaueren Verhältniss derselben zur Schwerkraft auf. Wird die horizontale Lage der Blüthe etwa dadurch bedingt, dass sich, sobald diese erreicht ist, Schwerkraft und innere Ursachen das Gleichgewicht halten? (Und dies wäre eine sehr naheliegende Annahme.) Geht der Einfluss der Schwerkraft dahin, den Stiel noch weiter zu krümmen, wenn die Blüthe in die horizontale Stellung gelangt ist, oder erlischt ihr Einfluss nach Erreichung der letzteren? Nimmt die Blüthe unter allen Umständen unter dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft eine horizontale Lage an?

Wir wollen diese Fragen auf experimentellem Wege beantworten.

Um zunächst in der zuletzt aufgeworfenen Frage, ob die Blüthen unter dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft sich unter allen Umständen horizontal stellen, Klarheit zu erlangen, wollen wir diese Kraft zwar einseitig, aber auf Pflanzen in abnormer Lage einwirken lassen. Es sollen zu dem Ende zunächst Objecte in einer Stellung angebracht werden, welche der normalen gerade entgegengesetzt ist, nämlich in der verkehrten. Das bei Ausführung dieses Versuches eingeschlagene Verfahren ist folgendes.

Wir nehmen grosse Glashäfen, wie ich sie schon an anderem Orte [1]) beschrieben habe, bedecken den Boden derselben mit je einer niedrigen Wasserschicht, und kleiden die verticalen Wände mit feuchtem Fliesspapier aus, das bis in die Wasserschicht hinabreicht; unter den Glasscheiben, welche als Deckel dieser Häfen dienen, werden die Objecte, deren Stiele noch gerade, aber der Krümmung nahe sind, in verkehrter Lage aufgehängt. Das Aufhängen selbst geschieht in sehr einfacher Art; um den Schaft unmittelbar vor der Zwiebel werden zwei Fäden geschlungen, welche auf entgegengesetzten Seiten um die Zwiebel laufen, und mit Siegellack unter der Scheibe befestigt werden. So lange der Lack noch weich ist, kann man durch Ziehen an den Fäden unschwer erreichen, dass der Schaft in eine annähernd senkrecht abwärts gerichtete Stellung gelangt. Um nun den in dieser Lage sich äussernden negativen Geotropismus des Schaftes unschädlich zu machen, schlingt man um den letzteren dicht über der Ansatzstelle des Stieles einen feinen Faden, an dessen freiem Ende ein Gewicht aufgehängt wird, das gross genug ist, um die Aufwärtskrümmung des Schaftes zu verhindern. Die Grösse des Gewichtes ist eine je nach der Stärke des Schaftes verschiedene; bei schwächeren Exemplaren genügen 10—12 Gr., bei stärkeren sind 15 und selbst 18—20 Gr. nöthig. Das letztere Gewicht reicht nach meinen Erfahrungen stets aus, um den Geotropismus auch des kräftigsten Schaftes zu überwinden. Man hängt das Gewicht am besten an einem kurzen Faden so auf, dass es sich selbst noch über der Ansatzstelle des Stieles befindet; doch wird in den meisten Fällen an dem Resultate nichts geändert, wenn man dem Faden eine solche Länge giebt, dass das Gewicht unterhalb der Knospe hängt. Es empfiehlt sich, dasselbe vor dem Aufhängen des Objectes an dem Schafte zu befestigen; man kann dann dem Ganzen durch richtiges Anbringen der Aufhängefäden meist ohne Schwierigkeit eine solche Lage geben, dass der Schaft senkrecht nach unten sieht. Der Sicherheit halber kann man auch auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Schaftes zwei gleiche Gewichte anbringen; doch ist zu bedenken, dass es sich hier nicht um absolute Genauigkeiten handelt, und dass kleine Abweichungen nicht in Betracht kommen. — Nachdem die Objecte in der be-

[1]) Organbildung im Pflanzenreich. I. Bonn 1878. S. 12.

sprochenen Art aufgehängt sind, werden die Glashäfen dem Lichteinfluss entzogen; nur von Zeit zu Zeit öffnet man sie, um die Zwiebeln und Wurzeln mit einer Spritzflasche befeuchten zu können.

Als Resultat dieses Versuches ergiebt sich, dass die Knospen ihre abwärts gerichtete Lage beibehalten, und in dieser aufblühen. — Die oben aufgeworfene Frage ist also dahin zu beantworten, dass die Blüthe bei einseitigem Einfluss der Schwerkraft keineswegs unter allen Umständen in die horizontale Lage zu gelangen sucht. Es geschieht dies nach unseren früheren Beobachtungen, wenn der Schaft eine vertical-aufrechte, oder nach oben geneigte Lage hat; es findet dagegen nach unserem letztangestellten Versuche nicht statt, wenn der Schaft sich in senkrecht verkehrter Stellung befindet.

Wir wollen nun gleich den eben beschriebenen Versuch noch einmal anstellen, jedoch auch jetzt wieder mit einer geringen Abweichung. Wir verwenden dazu dieses Mal nicht Objecte mit noch geraden Blüthenstielen, sondern wieder solche, bei denen die letzteren schon gekrümmt sind; während im Uebrigen Alles ungeändert bleibt. Dann ergiebt sich dasselbe Resultat, das wir früher bei unseren Drehungsversuchen erhielten: es strecken sich nämlich die gekrümmten Stiele mehr oder weniger gerade. Eine Anzahl von Beispielen mag dies genauer zeigen. Es wurden zunächst 6 junge Objecte aufgehängt, deren Knospen eben im Oeffnen begriffen, und deren Stiele noch nicht völlig gekrümmt waren.

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	58°	25°
2.	14°	14°
3.	23°	23°
4.	19°	0°
5.	42°	30°
6.	75°	35°

Hieraus die Mittelwerthe berechnet, giebt einen anfänglich vorhandenen Axenwinkel von 39°, und einen während des Versuches rückwärts durchlaufenen Bogen von 21°. Reducirt auf 100 geben diese Zahlen ein annäherndes Verhältniss von 100 : 54.

Nun wurden 6 weitere Pflanzen mit geöffneten Blüthen und vollendeter Krümmung des Stieles dem Versuche ausgesetzt.

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	107°	60°
2.	88°	76°
3.	92°	20°
4.	71°	51°
5.	80°	40°
6.	68°	30°

Die durchschnittliche Grösse des bei Beginn des Versuches vorhandenen Axenwinkels betrug demnach 84°, der rückwärts durchlaufene Bogen im Mittelwerth 46°. Auf 100 berechnet ergiebt sich ein Verhältniss von 100 : 55.

Es ist somit der Nachweis geliefert, dass die Knospen bei vertical abwärts gerichteter Lage des Schaftes sich nicht nur nicht horizontal stellen, sondern sogar gerade strecken, wenn sie vorher in normaler Stellung schon gekrümmt waren.

Allein durch welche Ursachen wird diese Streckung bedingt? Es liesse sich vorstellen, dass es lediglich die Rectipetalität sei, welche sich bei der Streckung geltend macht; oder dass ausschliesslich die Schwerkraft den bewegenden Factor abgebe. Die letztere bringt bei aufrechter Stellung des Schaftes die Blüthe dadurch in horizontale Lage, dass sie an einer Stielseite, der späteren Oberseite, ein erhöhtes Längenwachsthum auslöst. Dem entsprechend liesse sich denken, dass dieselbe Kraft bei abwärts gerichtetem Schafte und horizontal gestellter Blüthe die nunmehr concave Oberseite des Stieles ebenfalls zu erhöhtem Wachsthum veranlasste, und somit die Streckung des Stieles bewirkte. — Wäre diese Vorstellung richtig, dann würde die eine der früher aufgeworfenen Fragen dahin zu beantworten sein, dass der Einfluss der Schwerkraft die Blüthe nicht horizontal, sondern ganz abwärts zu stellen suche; und dass, wenn dies bei normaler Lage des Schaftes nicht geschieht, irgend eine hemmende Ursache, etwa die Rectipetalität, vorhanden sei, welche der Schwerkraft das Gleichgewicht hielte. — Oder es wäre endlich möglich, dass beide, Rectipetalität und Schwerkraft, die Geradstreckung des gekrümmten Stieles bei abwärts gerichtetem Schafte veranlassten.

Auch diese Fragen sollen durch das Experiment beantwortet werden.

Wir wollen zu dem Ende das Verhalten junger Objecte mit noch geraden Stielen studiren, nachdem wir sie in horizontale

Lage gebracht haben. Ist es die Schwerkraft, welche die in unserem letzten Versuche beobachtete Streckung hervorruft, dann müssen die Blüthen sich nunmehr abwärts krümmen; ist dagegen die Rectipetalität die bewegende Ursache, dann werden die Blüthen sich öffnen, während die Stiele gerade bleiben.

Die Ausführung des fraglichen Versuches geschieht in derselben Art, welche früher bei der Untersuchung des Geotropismus des Schaftes beschrieben wurde. Nachdem Zwiebel und Wurzeln in feuchte Papierballen eingeschlagen worden sind, werden die Pflanzen horizontal auf die Korkplatten gelegt und so befestigt, dass nur Knospe und Stiel über den Rand der Platte hinausreichen (Fig. 2). Bei der Befestigung des Schaftes kommt es lediglich auf dessen vorderen Theil an. Durch zwei oder drei

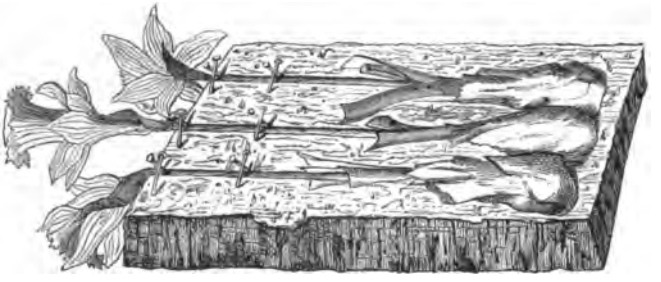


Fig. 2.

Nadelpaare wird der letztere auf der Platte vorsichtig derart festgelegt, dass er keinerlei Bewegungen beschreiben kann; das letzte Nadelpaar wird unmittelbar an der Kante der Platte vor dem Ende des Schaftes eingesteckt. Da der vordere Theil des letzteren um diese Zeit nicht erheblich mehr wächst, so treten meist keine oder nur unbedeutende Krümmungen zwischen den Befestigungsorten auf. Werden dieselben dagegen bei längerer Dauer des Versuches so gross, dass sie auf die Lage des Stieles einen Einfluss haben, dann zieht man die hinteren Nadelpaare empor, streckt den Schaft gerade, und befestigt ihn von Neuem. Doch sind derartige Vorkehrungen in den meisten Fällen nicht nothwendig. — Nachdem die Objecte in der besprochenen Art auf den Platten festgespiesst sind, werden sie mit diesen in grosse, gut schliessende Zinkkästen gelegt, und so der Lichteinwirkung vollständig entzogen. Die Papierballen werden von Zeit zu Zeit mit Wasser

befeuchtet. Das Ergebniss dieses Versuches ist folgendes. Die Knospen entwickeln und öffnen sich, während der Stiel entweder ganz gerade bleibt, oder sich soweit abwärts krümmt, dass die Blüthe um ein Geringes, 10—20, selten mehr Grade, unter die Horizontale abwärts neigt; gelegentlich kommt auch eine schwache Aufwärtskrümmung vor.

Da dieser Versuch für unsere ganze Darlegung von Bedeutung ist, so möge das Ergebniss einer meiner Versuchsreihen, welche aus 20 Objecten bestand, genau mitgetheilt werden. Beim Beginn des Experimentes waren die Stiele der sorgfältig ausgewählten Objecte gerade, die Knospen hatten also eine Neigung von 90°. Beim Schluss waren die möglichst genau gemessenen Neigungswinkel folgende: 100°, 98°, 105°, 120°, 95°, 100°, 98°, 93°, 95°, 110°, 100°, 102°, 98°, 95°, 90°, 87°, 87°, 85°, 85°, 90°. Berechnet man hieraus das Mittel, so ergiebt sich ein Neigungswinkel von 97°, d. h. etwa derselbe, welchen wir im Freien unter normalen Verhältnissen beobachten.

Hierzu bedarf es jedoch einer nothwendigen Bemerkung. Das eben beschriebene Ergebniss tritt dann ein, wenn man zu dem Versuche Objecte anwendet, deren Blüthenstiele noch gerade, aber der Krümmung nahe sind; nimmt man dagegen erheblich jüngere, so treten zunächst andere Verhältnisse ein. Die nach oben gerichtete junge Blüthenknospe ist, wie der Schaft, negativ geotropisch. Lenkt man sie aus ihrer normalen Lage ab, und verhindert den Schaft an der Bewegung, so krümmt sich der Blüthenstiel aufwärts, ja in ganz jugendlichen Zuständen kann sich die Knospe ihrer ganzen Länge nach bogenförmig nach oben krümmen. In dieser Lage verharren Stiel und Knospe, bis die Entfaltung der letzteren naht; dann geht eine Rückwärtsbewegung des Stieles nebst Geradstreckung der Knospe, und zwar so weit von statten, bis die Blüthe in die horizontale Lage gelangt ist. — Anders verhalten sich solche Knospen, deren Stiele vor der Krümmung stehen jedoch noch um einen, zwei oder unter Umständen, besonders bei niederer Temperatur, selbst drei Tage davon entfernt sind. Lenkt man diese aus ihrer Lage ab, beispielsweise um 45°, und verhindert den Schaft an der Aufrichtung, so tritt in der Regel zunächst keine Lagenänderung ein; die Knospe behält ihre Stellung bei bis zur Entfaltung, dann erst erfolgt die Abwärtskrümmung des Stieles. Knospe bez. Blüthe und Stiel reagiren also zu ver-

schiedenen Zeiten auf den Einfluss der Schwerkraft in verschiedener Art; anfangs sind sie positiv, später, wie schon aus dem Bisherigen hervorgeht, transversal-geotropisch. Welcher Art die Bedingungen sind, die Stiel und Knospe von einem Zustand in den anderen überführen, lässt sich zur Zeit nicht sagen; sicher ist nur, dass der Wechsel eines übrigens individuell schwankenden Zeitverlaufes bedarf. Wie es scheint, ist in der Mitte dieser Periode der Stiel gegen den Einfluss der Schwerkraft empfindungslos. — Was die Ursachen der Zustandsänderung anlangt, so liesse sich denken, dass sie lediglich unter dem Einfluss der Schwerkraft vor sich gehe, die letztere hier etwa eine Rolle spiele, wie das Licht bei der Bildung des Chlorophylls. Versuche zur Entscheidung dieser Frage habe ich bis jetzt nicht angestellt.

Das eben über das Verhalten von Knospen verschiedenen Alters Gesagte ist bei allen Versuchen im Auge zu behalten, in denen Objecte mit Knospen aus den angegebenen Altersperioden zur Anwendung kommen.

Nehmen wir nunmehr unseren Faden wieder auf. Aus dem vorhin beschriebenen Resultate folgt, dass bei horizontaler Lage des Schaftes die Rectipetalität sich geltend macht, dass die Schwerkraft nahezu einflusslos ist. Diejenigen Fälle, in denen eine merkliche Abwärtskrümmung des Stieles erfolgte, dürfen wir ohne Anstand als solche auffassen, welche auch bei normaler Lage des Schaftes ihre Blüthen unter die Horizontale abwärts gekrümmt hätten.

Um aber ganz sicher zu gehen, wollen wir den eben angeführten Versuch noch einmal wiederholen, jedoch auch dieses Mal mit dem Unterschiede, dass Objecte mit schon gekrümmtem Stiele verwendet werden. Wir befestigen dieselben so auf den Korkplatten, dass die Blüthen bei verticaler Neigungsebene nach unten gerichtet sind; und wählen in Rücksicht auf die grössere Beweglichkeit der Stiele besonders solche Pflanzen, welche die Krümmung eben vollzogen haben, oder in der Ausführung derselben begriffen sind. — Als Resultat ergiebt dieser Versuch, dass die Stiele sich gerade zu strecken, die Blüthen in die horizontale Lage zu gelangen suchen (Fig. 2, welche nach einem dieser Versuche gezeichnet wurde). Einige Beispiele mögen dieses Verhalten erläutern.

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	20°	13°
2.	77°	37°
3.	37°	30°
4.	71°	50°
5.	51°	17°
6.	50°	3°
7.	71°	44°
8.	64°	27°
9.	98°	84°
10.	65°	48°

Hieraus wieder die Mittelwerthe berechnet, ergiebt einen anfänglichen Axenwinkel von 60°, und einen rückwärts durchlaufenen Bogen von 35°, Zahlen, die sich verhalten wie 100:58. Die Geradstreckung ist hier also noch um ein Geringes weiter gegangen, als an denjenigen Objecten, deren Schäfte senkrecht nach unten sahen.

Aus diesen Thatsachen geht zur Evidenz hervor, dass bei horizontaler Lage des Schaftes und geradem oder abwärts gekrümmtem Stiel allein die Rectipetalität zur Geltung gelangt, dass die Schwerkraft entweder gänzlich wirkungslos, oder doch von so geringem Einfluss ist, dass sie neben der Rectipetalität durchaus zurücktritt. — Gilt dies aber für die horizontale Lage, dann dürfen wir, und zwar mit noch grösserer Gewissheit, annehmen, dass bei senkrecht abwärts gerichtetem Schafte die Stellung der Blüthe lediglich durch die Rectipetalität bedingt wird.

Wiederholt man den eben besprochenen Versuch mit der Abweichung, dass man die auf gekrümmten Stielen stehenden Blüthen nach oben sehen lässt, so bewegen sich dieselben ebenfalls abwärts, bis sie nahezu oder ganz in oder sogar manchmal etwas unter die horizontale Lage gelangen. Es wurde jedoch nicht genauer festgestellt, ob die Bewegung hier mit grösserer Schnelligkeit ausgeführt wird, als in dem früheren Falle; und ferner, ob die innere Hemmung in höherem Grade überwunden wird. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist dies der Fall, da man wohl annehmen darf, dass bei dieser Lage des Schaftes die Schwerkraft auf den nach oben gekrümmten Stiel noch einwirkt, und somit die Rectipetalität unterstützt. — Weitere Versuche müssen diesen Punkt noch aufhellen.

Giebt man nun den Objecten eine beliebige Lage zwischen

der horizontalen und vertical abwärts gerichteten, was vermittelst der Korkplatten leicht zu erreichen ist, so bleiben die Stiele entweder gerade, wenn sie bei Beginn des Versuches gerade waren [1]), oder suchen sich stets gerade in die Verlängerung der Axe des Schaftes zu stellen, wenn sie schon die Krümmung erfahren hatten. Das eben Gesagte mit Einzelheiten zu belegen, dürfte kaum nothwendig sein; doch mögen die Ergebnisse einer Versuchsweise genauer besprochen werden.

Zehn Objecte wurden auf Korkplatten befestigt, und mit diesen unter 50° Neigung nach unten gerichtet. Die Stiele hatten ihre Krümmung schon beschrieben, und die Blüthen sahen jetzt bei verticaler Neigungsebene geneigt nach oben. Unter den neuen Bedingungen streckten sich die Stiele in derselben Art gerade, wie wir sie früher bei anderen Versuchsformen beobachtet haben. Im einen Falle war die Streckung vollständig, im anderen Falle ging sie nicht ganz soweit. Die Winkelgrössen waren folgende:

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	94°	61°
2.	88°	49°
3.	90°	45°
4.	88°	38°
5.	83°	31°
6.	84°	69°
7.	60°	60°
8.	70°	30°
9.	94°	57°
10.	79°	39°

[1]) Für diejenigen, welche diese Versuche wiederholen wollen, sei bemerkt, dass man in der Wahl der Objecte sehr vorsichtig zu sein hat. Was oben bei Besprechung der Horizontal-Versuche gesagt wurde, gilt hier in noch höherem Maasse. Ein reines Resultat liefern nur solche Objecte, deren Blüthenstiele noch gerade, aber der Krümmung nahe sind. Nimmt man dagegen jüngere, so findet gewöhnlich zunächst eine negativ-geotropische Aufwärtsbewegung statt; und da diese später bei der Blüthenöffnung in der Regel nicht völlig wieder ausgeglichen wird, so kann es den Anschein gewähren, als wirke die Schwerkraft auch bei dieser Lage des Schaftes noch zu einer Zeit auf die Blüthe, in welcher sie bei normaler Stellung desselben schon diageotropisch wäre. Eine solche Wirkung findet aber in diesem Alter der Blüthe nicht mehr statt.

Will man ganz sicher gehen, so kann man die Objecte auch am Klinostat aufblühen lassen, und dann in die abwärtsgeneigte Stellung bringen.

Zieht man aus diesen Zahlen die Mittelwerthe, so ergiebt sich bei Beginn des Versuches ein Axenwinkel von 83°, und beim Schluss des Experimentes ein rückwärts durchlaufener Bogen von 48°; Zahlen, welche unter sich in dem Verhältniss stehen, wie 100:58. — Die Blüthen passirten bei Durchlaufung des Bogens die Horizontale, und überschritten dieselbe um durchschnittlich 15°, im einzelnen Falle um beträchtlich mehr, im anderen weniger. Wie aus den angeführten Zahlen hervorgeht, war der Grad der Streckung hier genau so gross, wie in den früheren Fällen; und dieser bleibt derselbe, gleichviel, in welcher Neigung man die Schäfte abwärts wendet.

Anders, als in dem zuletzt beschriebenen Versuche, verhalten sich die Objecte, wenn man den Schäften eine feste Lage zwischen der horizontalen und vertical-aufrechten giebt. Wählt man zunächst Pflanzen zum Experiment, deren Knospen noch auf geraden Stielen stehen, so verhalten sich dieselben allgemein in folgender Art. Es krümmt sich der Stiel stets auf der Oberseite, und zwar so weit, bis die horizontale Lage der Blüthe erreicht ist; bei stärkerer Neigung des Schaftes ist demnach die Krümmung des Stieles eine geringere, bei schwächerer Neigung dagegen eine stärkere. Der Neigungswinkel, welchen die Längsaxe der Blüthe mit dem Erdradius bildet, ist stets ein annähernd constanter; der Axenwinkel dagegen ein je nach dem Grade der Neigung des Schaftes verschiedener.

Um den Leser nicht mit zu vielen Zahlen zu ermüden, will ich das Gesagte nur mit einer Versuchsreihe belegen. Sieben Objecte mit noch geraden Stielen wurden in gewohnter Art auf einer Korkplatte befestigt, und mit dieser dann unter einem Winkel von 45° angebracht. Die sich öffnenden Knospen durchliefen folgende Bögen: 54°, 65°, 45°, 50°, 44°, 36°, 42°. Hieraus das Mittel gezogen, giebt einen durchlaufenen Bogen von 48°, demnach einen mittleren Neigungswinkel von 93°. In dieser Reihe hatten also die Blüthen, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Horizontale wieder um ein Geringes überschritten.

Stellt man die gleichen Experimente mit Objecten an, deren Stiele schon die Krümmung erfahren haben, und richtet die Blüthen

---

Es stellen sich die Blüthen nun nicht horizontal, während dies geschieht, sobald man den Pflanzen normale Lage giebt.

bei verticaler Neigungsebene abwärts, so suchen die letzteren durch Ausgleichen der Krümmung stets in die horizontale Lage zu gelangen. Die Streckung ist natürlich um so grösser, je grösser die Neigung des Schaftes, um so kleiner, je geringer die Neigung des letzteren ist. Uebrigens geht auch hier die Streckung des Stieles meistens nicht so weit, dass die Horizontal-Lage der Blüthe völlig erreicht wird.

Ein etwas verschiedenes Resultat liefert der Versuch, wenn man Pflanzen mit gekrümmten Stielen in der Art befestigt, dass die Blüthe bei verticaler Neigungsebene nach oben gerichtet ist. Solche Objecte zeigen nach meinen Erfahrungen im Allgemeinen die Tendenz, die horizontale Lage dadurch zu erreichen, dass sie zunächst die schon vorhandene Krümmung ausgleichen, und dann nach der entgegengesetzten Seite eine neue ausführen. Das letztere Verhalten habe ich stets dann beobachtet, wenn die dem Schafte gegebene Neigung eine grössere war, der Axenwinkel bei Beginn des Versuches weniger als 90° betrug, und die Blüthe die Vertical-Linie nicht zu passiren brauchte. Hatte dagegen der Schaft eine geringere Neigung und war der Axenwinkel ein beträchtlicher, dann unterblieb gewöhnlich die Rückwärtsbewegung der Blüthe, und es wurde der Axenwinkel einfach mehr oder minder vergrössert, bis ungefähr die normale Lage der Blüthe erreicht war. Auf diese Weise habe ich Objecte dazu veranlasst, Axenwinkel von selbst 136° zu bilden. Doch gelingen derartige Versuche nur schwer, und, soweit ich gesehen, lediglich mit jungen, beweglichen Pflanzen. Häufig versagen die Objecte den Dienst, und behalten die Lage bei, welche man ihnen zu Anfang des Versuches gab. — Bei den letzteren bemühte ich mich, specieller festzustellen, wie weit der Stiel sich krümmen, wie gross der Axenwinkel werden könne. Es stellte sich dabei heraus, dass die Pflanze unter abnormen Bedingungen nur schwer einen grösseren Axenwinkel bildet, als denjenigen, welchen sie bei normaler Stellung erzeugt.

Nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen lässt sich der Erfolg eines Experimentes, das wir nun noch anstellen wollen, mit einiger Bestimmtheit voraussagen. Bei allen bisherigen Versuchen, in denen die Schäfte mit schon gekrümmten Blüthenstielen in irgend einer geneigten Lage angebracht waren, stand die Neigungsebene der Blüthen vertical; was wird geschehen, wenn wir der Neigungsebene selbst irgend eine Neigung geben?

Um gleich ein entscheidendes Resultat zu erhalten, befestigen wir den Schaft in gewohnter Art in horizontaler Lage, und stellen die Neigungsebene der Blüthe ebenfalls horizontal. Es ist klar, dass, da bei horizontaler Lage der letzteren die Schwerkraft keinen Einfluss ausübt, die Rectipetalität in Kraft treten, und der Stiel sich gerade strecken muss. In der That geschieht dies. Ich will das Ergebniss eines Versuches, in dem 12 Objecte verwendet wurden, welche ihre Krümmung theils schon ganz, theils partiell ausgeführt hatten, genau mittheilen.

No.	Anfänglicher Neigungswinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.	No.	Anfänglicher Neigungswinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	79°	63°	7.	38°	16°
2.	107°	60°	8.	36°	8°
3.	45°	7°	9.	26°	0°
4.	76°	50°	10.	61°	47°
5.	90°	57°	11.	65°	11°
6.	120°	86°	12.	33°	10°

Berechnet man aus diesen Zahlen die Mittelwerthe, so ergiebt sich bei einem anfänglich vorhandenen Axenwinkel von 65° ein nachträglich rückwärts durchlaufener Bogen von 35°, Werthe, die sich verhalten, wie 100 : 54.

Hierzu ist zu bemerken, dass einzelne Objecte neben der Geradstreckung noch eine Torsion ausführten, in Folge deren die Blüthenaxe mit der Horizontalen einen Winkel von 5—20° bildete, Vorkommnisse, welche sich aus früher angegebenen Gründen unschwer erklären. Die Torsionen selbst wurden in diesen, wie in anderen Fällen direct durch am Stiel angebrachte Marken constatirt.

Bringt man die Objecte mit geneigt aufrechten Schäften so an, dass die Neigungsebene der Blüthe einen beliebigen Winkel mit der Verticalen bildet, so erfolgt gewöhnlich eine Bewegung, die aus einer Combination von Torsion und Streckung besteht, und durch welche die Blüthe in kürzester Weise in ihre normale Lage zu gelangen sucht. Wie diese Combinationen bei mehr oder minder von der Verticalen abweichender Neigungsebene der Blüthe sich gestalten, dass die geneigt abwärts gerichtete Blüthe dadurch emporgehoben, die geneigt nach oben sehende dagegen gesenkt wird: braucht nicht im Einzelnen auseinander gesetzt zu werden. Für den Kundigen ist im Vorstehenden ein genügendes Material enthalten, um sich die einzelnen Vorkommnisse zurecht zu legen.

Fassen wir die Gesammtheit unserer bisher gewonnenen Resultate zusammen, so ergiebt sich daraus Folgendes.

Die ganz junge Knospe und deren Stiel sind negativ geotropisch, gleichviel in welcher Lage sich die Pflanze befindet.

Anders verhält sich die Blüthe und die der Entfaltung nahe Knospe. Hat der Schaft eine vertical aufrechte Lage oder ist er höchstens bis zu einem rechten Winkel geneigt, so zeigt die Blüthe das Bestreben, ihre Längsaxe horizontal zu stellen. Ist der Schaft dagegen vertical abwärts gerichtet, oder abwärts geneigt bis zur Horizontalen, so bleibt der Stiel gerade resp. streckt sich gerade; es findet keinerlei Bewegung statt. — Die Krümmung bei aufrechter Stellung des Schaftes haben wir als eine Folge des Einflusses der Schwerkraft erkannt, während für die gerade Stellung des Stieles bei abwärts gerichtetem und horizontal liegendem Schafte eine innere Ursache, die Rectipetalität, nachgewiesen wurde.

Sieht man einstweilen von jedem Lichteinfluss ab, so kann man sich die Wirkung der beiden Kräfte in folgender Art mechanisch versinnlichen. Der Einfachheit halber soll dabei zunächst lediglich der Einfluss der Schwerkraft ins Auge gefasst werden.

Hat der Schaft horizontale Stellung, CB in der beistehenden Figur, so ist die Wirkung der Schwerkraft = 0; der Blüthenstiel erfährt keine Krümmung. Steht dagegen der Schaft vertical aufrecht, bildet er mit der Horizontalen einen Winkel von 90°, CA in der Figur, so erreicht die Schwerkraft das Maximum ihrer Wirkung; es krümmt sich der Stiel so weit, dass die Längsaxe der Blüthe einen Winkel von 90° durchläuft, und in die Horizontale gelangt. Der von der Blüthe durchlaufene Weg, ausgedrückt durch eine Bogenlänge, stellt also eine Function der Schwerkraft dar, welche sich mit der Lage des Schaftes ändert. Setzen wir das Maximum der Wirkung = 1, so wächst der Einfluss der Schwerkraft, wenn der Schaft einen Bogen von 0—90° durchläuft, von 0 auf 1. Wie gross nun der Einfluss bei jeder beliebigen Stellung zwischen den beiden Endlagen sei, ergiebt sich aus einer einfachen Construction.

Nehmen wir an, der Schaft bilde mit der Horizontalen einen Winkel von 60°, habe die Stellung CD in der Figur. Die Wirkung der Schwerkraft können wir in dieser Lage in zwei Componenten zerlegen, von denen die eine in die Längsaxe des

Schaftes fällt, während die andere senkrecht auf derselben steht. Von dieser wirkt offenbar nur die erstere krümmend auf den Stiel, die andere dagegen ist einflusslos. Um nun das Verhältniss der beiden Componenten zu bestimmen, fällen wir von A ein Perpendikel auf CD; dann stellt in dem Dreieck CGA cos α = CG die in die Längsaxe des Schaftes fallende wirksame, sin α = GA die auf jener senkrechte, also unwirksame Componente der Schwerkraft dar.

Fällen wir nun weiter von D auf CA das Perpendikel DF, so erhalten wir das Dreieck CFD, welches gleich und ähnlich ist dem Dreieck CGA. Daraus folgt, das cos α auch = CF, und sin α = FD ist; die in die Längsaxe des Schaftes fallende wird zur Vertical-, die dazu senkrechte zur Horizontal-Componenten der Schwerkraft.

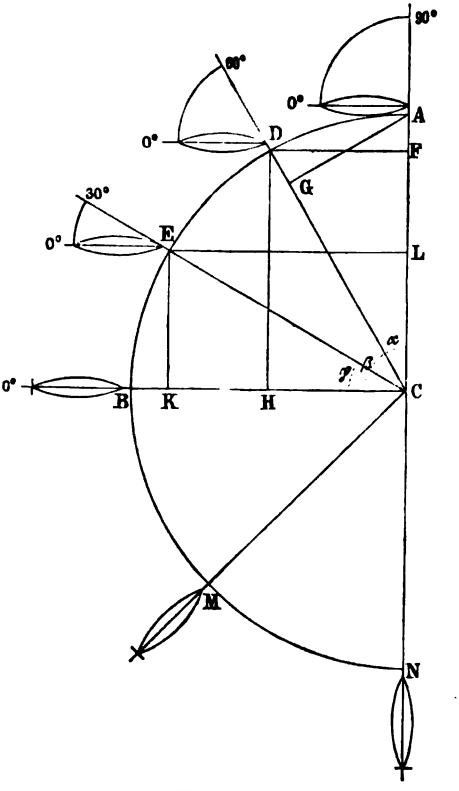


Fig. 3.

Es leuchtet nun ohne Weiteres ein, dass das zu sin α gehörige Bogenstück, arc sin α, diejenige Weglänge darstellt, um welche sich die Blüthe, wenn der Schaft einen Winkel von 60° bildet, weniger abwärts bewegt, als wenn derselbe eine Stellung von 90° besitzt. Das fragliche Bogenstück beträgt 30°; diese von dem in verticaler Stellung des Schaftes von der Blüthe durchlaufenen Bogen von 90° abgezogen, ergiebt einen Bogen von 60°.

Hat also der Schaft eine Lage von 60° über der Horizontalen, so durchläuft die Blüthe unter dem Einfluss der Schwerkraft einen Winkel von 60°, d. h. sie gelangt in ihre normale horizontale Stellung.

Die eben entwickelten Beziehungen gelten natürlich auch für jede andere Lage des Schaftes. Beträgt sein Neigungswinkel z. B. nur 30°, so ist die Vertical-Componente der Schwerkraft = CL; die Horizontal-Componente = EL. Dem entspricht ein arc sin von 60°, welcher von der Blüthe weniger durchlaufen wird, als wenn der Schaft vertical-aufrecht stände. Sie bewegt sich demnach nur um 30° abwärts, und gelangt sonach wieder in horizontale Lage.

Da cos α = sin $(90-\alpha)$, so ist auch arc cos α = arc sin $(90-\alpha)$. Man kann daher auch direct verfahren und sagen: Weicht der Schaft um einen beliebigen Winkel, α, von der Verticalen ab, so durchläuft die Blüthe einen Bogen, dessen Grösse ausgedrückt wird durch arc sin $(90-\alpha)$. Hat also der Schaft eine Neigung von 60°, so ist $\alpha = 30°$, und arc sin $(90-\alpha) = 60°$; bei 30° Neigung des Schaftes = 30° u. s. w.

Anschaulicher noch gestalten sich die Verhältnisse, wenn man den Beginn der Kreistheilung verlegt, wenn man die Vertical-Stellung mit 0°, die Horizontal-Stellung mit + 90° bezeichnet. Dann gelangt man zu dem höchst einfachen Ausdruck: Stets durchläuft die Längsaxe der Blüthe einen Winkel von so vielen Bogengraden, als dem Schaft an 90° fehlen; oder: Schaft und Blüthe zusammen durchlaufen stets einen Bogen von 90°. — Steht z. B. der Schaft auf 0°, so beschreibt die Blüthe einen Bogen von 90°, bildet er einen Winkel von 45°, so durchläuft auch die Blüthe 45°; steht er endlich auf 90°, so ist die Bewegung des Blüthenstieles = 0°.

Die dargelegten Beziehungen haben selbstverständlich auch dann Geltung, wenn der Schaft sich im zweiten oberen Quadranten bewegt; nur dass dann in bekannter Art ein Zahlen- und Zeichenwechsel eintritt. — Erhält derselbe aber eine beliebige Lage in einem der beiden unteren Quadranten, so ist der krümmende Einfluss der Schwerkraft stets = 0.

Die bis jetzt gegebene Erörterung bezog sich lediglich auf die Wirkung der Schwerkraft. Wie wir gesehen, genügt ihr Einfluss allein, um die Lage der Blüthe zu erklären, wenn der Schaft eine beliebige Stellung in einem oberen Quadranten erhält. — Nun ist aber früher die Bedeutung der Rectipetalität experimentell festgestellt, und vor Allem nachgewiesen worden, dass dieselbe auch dann noch wirkt, wenn der Schaft eine Neigung im oberen Quadranten besitzt. Es sei nur daran erinnert, dass

unter ihrem Einfluss ein schon vollständig gekrümmter Blüthenstiel, wenn der Schaft mit nach unten sehender Blüthe eine Stellung zwischen 0° und 90° erhält, sich so weit zu strecken sucht, bis die Blüthe in horizontale Lage gelangt ist.

Hiernach kann es sich nur um die Grösse der Einwirkung der Rectipetalität, um ihr Verhältniss zum Schwerkraft-Einfluss handeln. Dieses Verhältniss aber wird bestimmt durch später mitzutheilende Messungen über die Grösse der Kraft, mit welcher die Krümmungsbewegungen ausgeführt werden. Die fraglichen Bestimmungen haben ergeben, dass die unter dem Einfluss der Schwerkraft stattfindende Krümmung eines geraden Stieles mit dem gleichen Kraftaufwand geschieht, mit welchem die auf Grund der Rectipetalität erfolgende Geradstreckung eines gekrümmten Stieles vor sich geht.

Ist dies aber der Fall, dann bietet sich als nächstliegende die Annahme dar, die Grösse des Einflusses der Rectipetalität = 1 zu setzen, wenn der Schaft eine beliebige Lage im unteren Quadranten oder wenn er horizontale Stellung hat. In allen diesen Lagen bleibt ein noch gerader Stiel gerade und setzt jedem krümmenden Einfluss die volle Kraftgrösse als Widerstand entgegen; ein schon bis auf 90° gekrümmter aber durchläuft diesen Bogen rückwärts, um die gerade Richtung wieder zu erlangen. Dieser rückwärts durchlaufene Weg stellt jetzt eine Function der Rectipetalität dar, wie oben die entgegengesetzte Bewegung eine Function der Schwerkraft war. — Hat dagegen der Schaft vertical-aufrechte Stellung, so ist die Wirkung der Rectipetalität ein Minimum, das wir in unserem Falle einstweilen = 0 setzen dürfen. Von 90° bis 0° wächst ihr Einfluss dagegen beständig, bis er in letzterer Lage das Maximum = 1 erreicht. — Macht man diese Annahme, so erklären sich alle Lagen der Blüthe in einfachster Weise.

Um die Grösse des Einflusses der Rectipetalität, von der inneren Hemmung gänzlich abgesehen, bei jeder Stellung des Schaftes im oberen Quadranten zu finden, verfährt man in analoger Art, wie früher beim Studium der Schwerkraft-Wirkung.

Steht der Schaft auf 0°, so ist die Grösse der geradstreckenden Kraft = 1 = dem Radius CB. Bei jeder anderen Lage des Schaftes dagegen zerfällt die Kraft in zwei Componenten, eine wirksam horizontale und eine dazu senkrechte, welche ohne Einfluss ist. Beträgt z. B. die Neigung des Schaftes 30°, so ist

die erstere = cos γ = CK, die letztere = sin γ = KE. Diese stellt also die Abnahme der Rectipetalität bei einer Neigung des Schaftes von 30° dar. Mit anderen Worten: Hat der Schaft die Lage 0°, so durchläuft eine bis zu 90° gekrümmte Blüthe unter dem Einfluss der Rectipetalität rückwärts einen Bogen von 90°; beträgt die Neigung des Schaftes dagegen 30°, so bewirkt die Horizontal-Componente nur eine Rückwärtsbewegung von 60°, d. h. die Blüthe gelangt in horizontale Lage. Bringt man dagegen einen Schaft mit noch auf geradem Stiel stehender Blüthe in eine Lage von 30°, so befindet sich dieselbe in labilem Gleichgewicht. Ihr Stiel wird gerade bleiben, wenn keine krümmenden Ursachen einwirken. Treten aber solche auf, so wird der Stiel sich beugen, bis die Blüthe einen Winkel von 30° durchlaufen hat, bis er in die Horizontale gelangt ist; dann erst tritt der Widerstand der Rectipetalität ein. Je nach der Grösse der krümmenden Kraft wird früher oder später eine Gleichgewichtslage der Blüthe eintreten, die nun aber, wenn das Verhältniss der einander entgegenwirkenden Kräfte keine Aenderung erfährt, zur stabilen wird.

Dieselben Verhältnisse gelten natürlich auch für jede andere Lage des Schaftes innerhalb des oberen Quadranten. Hat z. B. der Schaft eine Stellung von 60°, so stellt sin β = HD die unwirksame Vertical-Componente dar; ihr entspricht arc sin β = 60°, welcher von 90° in Abzug zu bringen ist. Der Widerstand der Rectipetalität gegen einen krümmenden Einfluss wird also auch jetzt erst beginnen, wenn die Blüthe in horizontale Lage gelangt ist.

Da aber cos γ = sin (90—γ), so ergiebt sich, dass der Einfluss der Rectipetalität sich bei jeder Lage des Schaftes zwischen 0° und 90° mit einer Grösse geltend macht, welche der unwirksamen Horizontal-Componente der Schwerkraft gleich kommt. Die letztere sucht stets den Stiel in eine Lage zu bringen, welche er auch unter dem Einfluss der Rectipetalität erhalten würde. Mit anderen Worten:

Schwerkraft und Rectipetalität halten sich das Gleichgewicht, wenn die Längsaxe der Blüthe mit dem Erdradius einen Winkel von 90° bildet.

In der angegebenen Art kann man die Lage der Blüthe aus dem Zusammenwirken der beiden Kräfte ableiten. Allerdings knüpfen sich an die Darlegung, besonders soweit sie die Wirkung der Rectipetalität betrifft, mancherlei Bedenken; doch können diese

erst in einem späteren Abschnitte erörtert werden, und es sei daher auf diesen verwiesen. Uebrigens sei noch bemerkt, dass die vorstehende Erörterung nicht beansprucht, eine Erklärung der fraglichen Erscheinungen darzustellen; sie will Nichts, als die Abhängigkeit der Blüthenlage von den beiden Factoren verdeutlichen helfen.

Die Blüthe von Narcissus bietet uns sonach ein bemerkenswerthes Beispiel für den Transversal- oder Diageotropismus von Organen dar, eine Bezeichnung, die hier nichts weiter ausdrücken soll, als die Eigenschaft eines Gebildes, sich unter dem Einfluss der Schwerkraft horizontal zu stellen, die über die weiter rückwärts liegenden Vorgänge Nichts aussagen will. — Der hier vorliegende Fall ist um so merkwürdiger, als die Schwerkraft nur dann auf das Object einwirkt, wenn es senkrecht oder geneigt nach oben sieht; dagegen einflusslos wird, wenn es abwärts gerichtet ist. — In diesem Punkte weichen unsere Objecte ab von den durch *Elfving*[1]) genauer studirten Rhizomen von Heleocharis palustris, Sparganium ramosum und Scirpus maritimus, die ebenfalls transversal-geotropisch in unserem Sinne sind. Die letzteren stellen ihre wachsenden Spitzen horizontal, gleichviel ob man sie nach oben oder unten richtet. Unter dem Einfluss der Schwerkraft wächst an diesen Gebilden bald die Ober-, bald die Unterseite, je nachdem durch die eine oder andere Krümmung die horizontale Lage erreicht wird. Der Blüthenstiel von Narcissus dagegen erfährt unter dem Einfluss dieser Kraft nur ein Wachsthum auf einer Längsseite, wenn der Schaft nach oben gerichtet ist; die entgegengesetzte wird durch die Schwerkraft nie zum Wachsthum veranlasst. — Auf der andern Seite dagegen gleichen sich die verschiedenen Objecte darin, dass sie auf dem Querschnitt regelmässig gebaut sind, denn so darf man die Blüthe von Narcissus trotz der kleinen Abweichung von strenger Regelmässigkeit, welche manchmal am Fruchtknoten vorkommt, ohne Zweifel bezeichnen. Eine solche Blüthe aber mit horizontaler Stellung ist jedenfalls eine auffallende Erscheinung.

Die Thatsache, dass die Schwerkraft dann nicht auf den Blüthenstiel einwirkt, wenn der Schaft senkrecht oder geneigt nach

---

[1]) *F. Elfving.* Ueber einige horizontal wachsende Rhizome. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. II. 3. S. 489 ff.

unten gerichtet ist, kann man sich in folgender Art zurechtlegen. In ihrem ganzen normalen Lebenslaufe kommt die Pflanze nie in eine solche Lage, dass der Schaft abwärts sähe. Es können daher auch niemals die Bedingungen eintreten, unter denen die Schwerkraft eine Aufwärtskrümmung der Blüthe bewirken könnte. Aus diesem Grunde fehlt dem Stiel die Empfindlichkeit gegen den Einfluss der Schwerkraft, wenn der Schaft gewaltsam in der unnatürlichen Lage festgehalten wird. Es würde der Pflanze nicht von Nutzen sein, wenn sie auch in dieser Lage gegen den fraglichen Einfluss reactionsfähig wäre, da dieselbe unter normalen Bedingungen nie eintritt. Was aber nicht von Nutzen ist, wird in der Oekonomie der Pflanze nicht erworben oder nicht erhalten; also fehlt auch jene Empfindlichkeit.

Ganz anders bei den vorhin genannten Rhizomen. Hier sind die natürlichen Lebensbedingungen und die Anlage derselben derart, dass die Schwerkraft bald auf die Ober-, bald auf die Unterseite wirken muss, um sie in horizontale Lage zu bringen. Daher sind an ihnen beide Seiten mit Empfindlichkeit gegen den Einfluss dieser Kraft ausgerüstet.

Auf solche Weise kann man sich die einseitige Reactionsfähigkeit von Narcissus entstanden denken. Stets muss man sich aber bewusst bleiben, dass damit auch nicht der Schatten eines Einblicks in das Wesen der Sache gewonnen ist. Welcher Art die inneren Vorgänge sind, wie es kommt, dass die Schwerkraft auf den Complex von Blüthe, Stiel und Schaft verschieden einwirkt, wenn der letztere nach unten oder nach oben gerichtet ist: auf diese Cardinalfrage ertheilt die gegebene Erklärung keine Antwort.

Einfluss des Lichtes.

Durch einen einfachen Versuch wurde oben gezeigt, dass das Licht bei dem Krümmungsprocess jedenfalls nicht von erheblicher Bedeutung ist; ja, es könnte nach allem Bisherigen scheinen, als sei es gänzlich wirkungslos. Die Lage der Blüthe im Freien und unsere im Dunklen angestellten Versuche legten diesen Schluss sehr nahe. Immerhin war die Sache noch genauer zu prüfen, und es wurden zunächst einige einleitende Experimente gemacht.

Dreissig Objecte wurden, nachdem ihre Blätter bis zu den Scheiden abgeschnitten waren, zu ie fünf vertical aufrecht in Trinkgläser

gestellt, welche in gewohnter Art auf dem Boden eine niedrige Wasserschicht führten. Der eine Theil der Pflanzen besass Knospen, welche noch ganz jung und nach oben gerichtet waren; der andere führte solche, die ihre Krümmung eben begonnen hatten, und um 5°, 10°, höchstens 20° abwärts geneigt waren. Den meisten der Objecte wurde die Scheide intact gelassen; bei anderen der Stiel in derjenigen Art von der Scheide entblösst, wie sie oben angegeben wurde. An diesen wirkte dann das Licht direct auf die Stieloberfläche. — Sämmtliche Gläser wurden in Zinkkästen gestellt, welche innen schwarz gestrichen waren, und an einer Seite eine Glaswand führten. Die Objecte mit schon geneigten Knospen wurden der Mehrzahl nach so gestellt, dass die Krümmung ihre convexe Seite dem Licht zuwandte; nur wenigen wurde die umgekehrte Lage gegeben. Die Beleuchtung, welcher die Objecte einseitig ausgesetzt wurden, war die des hellen Tageslichtes, jedoch ohne direct einfallende Sonnenstrahlen.

Die aus diesen Versuchen sich ergebenden Resultate waren folgende: Die Stiele derjenigen Knospen, welche bei Beginn des Versuches, von der Circumnutation abgesehen, vertical aufrecht standen, krümmten sich sämmtlich dem einfallenden Lichte entgegen; diejenigen aber, welche schon eine, wenn auch nur sehr geringe Beugung erfahren hatten, bewegten sich im gleichen Sinne weiter, gleichviel ob die Concavität nach der beleuchteten oder dunklen Seite des Kastens gerichtet war. — Später dagegen traten in den Stielen und Schäften derjenigen Pflanzen, deren Blüthen vom Lichte weggewendet waren, Torsionen ein; in Folge der letzteren wurden jene mehr oder weniger, selbst um 40°, um ihre Axe gedreht. Doch reichten weder diese Torsionen, noch die heliotropischen Krümmungen der Schäfte aus, um die Blüthen völlig dem Lichte zuzuwenden.

Aus diesem Ergebniss zog ich den Schluss, dass unsere Pflanzen das Bestreben haben, ihre Blüthen dem Lichte entgegen zu richten, dass die Stiele positiv heliotropisch seien. War dieser Schluss richtig, so wurde die Krümmung des noch geraden Stieles durch das Licht und die Schwerkraft bewirkt, die Richtung der Krümmung aber ausschliesslich durch die einfallenden Lichtstrahlen bestimmt. Daraus aber, dass, wenn bei Beginn des Versuches eine auch nur sehr geringe Krümmung eingetreten war, diese im gleichen Sinne auch dann fortgesetzt wurde, wenn das Licht die

convexe Seite derselben traf, folgte, dass der Einfluss des Lichtes an Stärke hinter den der Schwerkraft jedenfalls zurücktrat.

Durch einen Versuch hätte sich nun das Verhältniss der Grössen beider Kräfte zu einander genauer bestimmen lassen. Man hätte die Geschwindigkeiten der Abwärtskrümmungen nach dem Lichte hin, und der vom Lichte weg feststellen, und aus einer grösseren Zahl solcher Messungen eine annähernde Bestimmung jener Grössen ableiten können. Einen derartigen Versuch habe ich jedoch nicht ausgeführt.

In dem vorhin beschriebenen Experiment wurde die Krümmung des Stieles unter dem Einfluss von Schwerkraft und Licht ausgeführt. Um über die Bedeutung des letzteren grössere Klarheit zu erlangen, mussten offenbar die Bedingungen so gestaltet werden, dass die Wirkung der ersteren Kraft ausgeschlossen war, und nur die des Lichtes in Thätigkeit gelangte. — Zwei Wege boten sich zur Lösung dieser Frage dar. Der eine bestand darin, junge Objecte mit noch geraden Stielen am Klinostat der Drehungsaxe desselben parallel in Bewegung zu setzen, und ausschliesslich von der Zwiebelseite her parallel zur Axe Licht einfallen zu lassen. Bei dieser Combination von Bedingungen war der einseitige Einfluss der Schwerkraft ausgeschlossen; die in entgegengesetztem Sinne wirkenden Kräfte, Licht und Rectipetalität, kamen allein in Betracht, und das Verhältniss zwischen beiden musste sich dabei ergeben. — Dieses Experiment habe ich, und zwar darum nicht ausgeführt, weil der ebenfalls in Betracht kommende Heliotropismus des Schaftes nicht leicht zu eliminiren ist. Der Versuch ist zwar auszuführen, bedarf aber einer sehr scharfen Controlle und häufigen Lagenänderung der Objecte, die bei einer anderen Versuchsform wegfallen.

Dieser zweite einfachere Weg ist folgender. Man bringt die Objecte in vertical-verkehrter Lage an, schliesst den Geotropismus und Heliotropismus des Schaftes durch genügend grosse, angehängte Gewichte aus, und beleuchtet sie dann einseitig. Auf diese Weise muss sich ebenfalls ergeben, ob das Licht einen Einfluss hat, und wie gross derselbe im Verhältniss zu dem der Rectipetalität ist, die ja, wie wir gesehen, bei verkehrter Lage des Schaftes mit voller Kraftgrösse einwirkt.

Der Versuch wurde in nachstehender Art ausgeführt. Ein grosser Glashafen von 27 Ctm. Durchmesser und 60 Ctm. Höhe

wurde innen mit einer Doppellage von dickem schwarzgrauem Fliesspapier ausgekleidet, das ganz mit Wasser getränkt war, und in eine niedrige, unten auf dem Boden des Glases befindliche Wasserschicht hinabreichte; nur ein von unten bis oben reichender Spalt von $14^1/_2$ Ctm. Breite blieb von der Auskleidung frei.[1]) Der Boden des Glases wurde ebenfalls mit dunklem Papier gänzlich bedeckt, und nachdem auch der Deckel des Hafens mit dem gleichen Material belegt war, drang in das Innere des Glashafens fast nur Licht, welches den vom Papier freien Spalt passirt hatte.

In dem auf diese Weise hergerichteten Hafen wurden zwölf junge Objecte mit noch geraden Stielen und schwachen Schäften in gewohnter Art vertical-verkehrt aufgehängt, und so mit Gewichten beschwert, dass die Schäfte während der ganzen Dauer des Versuches mässig straff gespannt waren. Der Spalt wurde nach einem Ostfenster gerichtet, und die ganze Vorrichtung in etwa 2 Meter Entfernung von dem letzteren aufgestellt.

Das Resultat dieses Experimentes war ein schlagendes. Die Stiele fast sämmtlicher Objecte krümmten sich nach dem Lichte hin, und zwar einige in auffallender Weise. Im Allgemeinen stellte sich heraus, dass die am weitesten von der Lichtquelle entfernten die stärksten Krümmungen erfuhren, während die dem Spalte näher hängenden sich schwächer beugten. Die Messung ergab folgende Winkelwerthe:

No.	Anfängliche Neigung.	Durchlaufener Bogen.	No.	Anfängliche Neigung.	Durchlaufener Bogen.
1.	0°	45°	7.	0°	41°
2.	0°	20°	8.	0°	30°
3.	0°	50°	9.	0°	70°
4.	0°	20°	10.	0°	20°
5.	0°	23°	11.	0°	16°
6.	0°	9°	12.	0°	0°

Berechnet man aus diesen zwölf Fällen den Mittelwerth, so ergiebt sich eine Ablenkung von 29°. — Unter dem Einfluss der Schwerkraft allein erfährt der Stiel eine Krümmung, welche der im Freien erreichten gleicht, und durch welche die Blüthe eine Neigung von etwa 95° erlangt. Die Wirkung der Schwerkraft wäre

[1]) In dieser Weise führte ich den Versuch zum ersten Male aus, später dagegen wendete ich schwarze Recipienten an, welche mit einem entsprechend breiten Längsausschnitte versehen waren. Wurden diese über die Glashäfen gestellt, so drang nur Licht durch den Spalt ein.

demnach etwas mehr als dreimal so gross, als die des Lichtes, vorausgesetzt, dass die Rectipetalität bei aufrechter Lage des Schaftes ebenso wirkte, wie bei verkehrter. Da dies aber nach unseren früher angestellten, und später noch weiter auszuführenden Ueberlegungen nicht der Fall sein kann, so ist durch die angegebenen Messungen über das Verhältniss der Wirkungsgrössen von Schwerkraft und Licht Nichts ausgesagt. — Ich gebe jedoch auch jene Zahlen nur mit allem Vorbehalt, da sie sich lediglich auf die angegebene, relativ geringe Summe von Messungen stützen, und mir eine weitere Ausführung der Sache durch den Schluss der Blüthezeit in diesem Jahre unmöglich gemacht wurde. Sowohl diese als eine Reihe anderer noch ungelöster Fragen gedenke ich in den nächsten Vegetations-Perioden zum Austrag zu bringen.

Nachdem auf die vorhin beschriebene Weise der Einfluss des Lichtes festgestellt war, ergaben sich ohne Weiteres noch einige Experimente, durch welche derselbe ebenfalls demonstrirt werden konnte.

Zunächst stellte ich folgenden Versuch an. Vierzehn Objecte mit schon völlig gekrümmten Stielen wurden horizontal in der früher erörterten Weise auf Korkplatten befestigt, so dass der Geotropismus des Schaftes nicht zur Geltung gelangen konnte. Die Neigungsebenen sämmtlicher Blüthen waren horizontal gerichtet, und je sieben von ihnen sahen mit ihren Oeffnungen nach der gleichen Richtung. So hergerichtet wurden die Korkplatten mit den Objecten in einen grossen Zinkkasten mit einseitiger Glaswand in der Art gelegt, dass die Längsaxen der Schäfte der Glaswand parallel liefen, die eine Hälfte der geöffneten Blüthen jedoch dem einfallenden Lichte entgegen, die andere von demselben weg gerichtet war. Unter diesen Bedingungen liess sich erwarten, dass die Stiele der dem Lichte zugewendeten Blüthen ihre Lage nicht erheblich verändern, dass dagegen die entgegengesetzt gerichteten energische Bewegungen nach dem Lichte hin ausführen würden. Bei der ersteren wirkten Rectipetalität und Licht in entgegengesetztem Sinne, bei der letzteren bis zur Geradstreckung der Stiele in gleicher, von da an ebenfalls in entgegengesetzter Richtung. — Um die Wirkung des von oben einfallenden Lichtes auszuschliessen, wurde der obere Theil der Glaswand mit schwarzen Papier bedeckt.

Die Resultate des Versuches waren folgende:

a. Objecte mit vom Licht weggewendeten Blüthen.

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	74°	45°
2.	59°	62°
3.	68°	59°
4.	50°	54°
5.	34°	24°
6.	51°	58°
7.	48°	60°

Zu diesem Streckungsprocess kam bei drei Objecten eine Torsion, in Folge deren die eine Blüthe um ein ganz Geringes, die zweite um etwa 15°, die dritte um 23° unter die Horizontale abwärts neigte.

b. Objecte mit dem Licht zugewendeten Blüthen.

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	61°	0°
2.	55°	21°
3.	30°	6°
4.	27°	0°
5.	36°	0°
6.	26°	10°
7.	110°	65°

Auch hier waren wieder drei Objecte, 1, 4 und 7, durch Torsion des Stieles abwärts gekrümmt, in einem Falle bis etwa 30°, in den anderen erheblich weniger. Ein Blick auf die angeführten Zahlen lehrt, dass das Ergebniss des Versuches unseren Erwartungen durchaus entspricht. In der ersten Reihe gleichen die Stiele ihre Krümmung aus, bis sie gerade geworden sind, und bewegen sich über die Gerade hinaus bis zu einem Winkel von selbst 12°. In der zweiten Reihe behalten die Stiele ihre Krümmung bei, oder strecken sich nur wenig gerade.

Berechnet man die Mittelwerthe, so ergiebt sich in der Reihe a eine anfängliche Krümmung von 55°, und ein nachträglich nach dem Licht hin durchlaufener Bogen von 52°, also nahezu Geradstreckung. — In der Reihe b hat der Axenwinkel anfänglich 49°, die Rückwärtsbewegung beträgt 15°, in der Endlage sonach der Axenwinkel 34°. — Diese Differenz beruht fast ausschliesslich auf dem Einfluss des Lichtes. Denn wenn auch die Schwerkraft bei den Torsionen und damit bei der Lichtwärtsbewegung betheiligt ist, im einen Falle mit dem Lichte, im anderen gegen das-

selbe wirkt, so ist doch zu bedenken, dass dieser Einfluss nur ein geringer ist, und neben dem des Lichtes nicht in Betracht kommen kann.

Nach einem früher besprochenen Experiment wurde unter dem Einfluss der Rectipetalität ein anfänglich vorhandener Axenwinkel von 69° bis zu 26° verkleinert. Würden wir ausschliesslich Licht und Rectipetalität, und zwar in gleichem Sinne wirken lassen, z. B. die Objecte vertical-verkehrt aufhängen und einseitig von unten beleuchten, so würde nahezu völlige Geradstreckung erfolgen, vorausgesetzt, dass nicht bedeutende innere Hemmnisse die Bewegung erschwerten. Diesen Versuch habe ich jedoch nicht ausgeführt.

Weiter. In unserem vorletzten Experiment lenkte das Licht die Blüthen um einen Winkel von 29° von der Verticalen ab; in der zweiten Reihe unseres letzten Versuches betrug die Endlage einen Axenwinkel von 34°. Zwischen beiden findet sich demnach nur eine Differenz von 5°. Bedenkt man, dass die Zahl der den Versuchen ausgesetzten Objecte eine verhältnissmässig geringe war, so muss der kleine Unterschied zwischen den Zahlen fast in Ueberraschung versetzen.

Noch ein weiterer Versuch wurde angestellt, um die combinirte Wirkung von Licht und Rectipetalität zu studiren. Wieder wurden die Objecte horizontal auf Korkplatten und zwar derart befestigt, dass die Blüthen bei verticaler Neigungsebene nach unten sahen. Die Stiele hatten ihre Krümmungen vollständig ausgeführt, und die Blüthen waren sämmtlich geöffnet. Nach der Befestigung der Objecte wurden die Korkplatten so in einen mit einseitiger Glaswand versehenen Zinkkasten gelegt, dass die ehemals obere Seite der Blüthen vom einfallenden Licht getroffen wurde. Damit das letztere nur von vorn einwirke, wurde der obere Theil der Scheibe bis zu den Blüthen mit schwarzem Papier verhängt. Der Voraussetzung nach mussten sich jetzt die Blüthen unter dem Einfluss von Licht und Rectipetalität nach vorn gerade strecken. Diese Erwartung wurde erfüllt, wenn auch nicht ganz in dem Maasse, als ich es erwartet hatte.

Zehn Objecte, welche in der angedeuteten Weise behandelt worden waren, verhielten sich folgendermassen:

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	44°	28°
2.	70°	36°
3.	142°	90°
4.	73°	58°
5.	84°	40°
6.	47°	14°
7.	96°	74°
8.	120°	78°
9.	53°	11°
10.	47°	35°

Hieraus die Mittelwerthe gezogen, giebt bei einer anfänglich vorhandenen Neigung von 78° einen rückwärts durchlaufenen Bogen von 46°, Grössen, welche sich verhalten wie 100 : 59. — Nach einem unserer ersten Experimente erhielten wir bei alleiniger Wirkung der Rectipetalität ein Verhältniss von 100 : 62, d. h. es war unter dem Einfluss der letztgenannten Kraft allein die Streckung eine um ein Geringes grössere, als unter ihrer und des Lichtes Wirkung zusammen genommen. In einem späteren Falle, in welchem die Objecte unter sonst gleichen Bedingungen, wie in unserem Versuch, nur unter Lichtausschluss, zubrachten, ergaben sich fast gleiche Zahlen, nämlich 100 : 58. Unsere Voraussetzung hat sich also in diesem Experiment nicht völlig bewahrheitet; eine Thatsache, welche ich mir dadurch erkläre, dass die in demselben benutzten Objecte schon in einem etwas zu weit vorgerückten Altersstadium befindlich waren. Die Blüthen waren bei Beginn des Versuches längst geöffnet, und die Stiele hatten sich völlig gekrümmt. Derartige Objecte führen in der Regel alle Bewegungen schwerer und langsamer aus, und auf diesem Umstande dürfte wohl das Resultat unseres letzten Versuches beruhen. Ihn zu wiederholen, gestattete mir der Schluss der Blüthezeit nicht.

Endlich wurde noch folgender Versuch angestellt. Sechs Objecte mit schon gekrümmten Stielen wurden unter Ausschluss des Geotropismus des Schaftes vertical-verkehrt in einem Glashafen aufgehängt, der auf dem Boden über der Wasserschicht eine Lage von schwarzem Papier führte, und dann der Beleuchtung eines Nordostfensters ausgesetzt. Das Befestigen der Objecte geschah derart, dass die Blüthen sämmtlich nach dem Licht gerichtet waren. Es war zu erwarten, dass nun die Geradstreckung geringer ausfallen würde, als dann geschah, wenn unter sonst gleichen Bedingungen

das Gefäss dem Lichteinfluss völlig entzogen wurde. — Nach Beendigung des Versuches ergab die Messung folgende Winkelunterschiede:

No.	Anfänglicher Axenwinkel.	Rückwärts durchlaufener Bogen.
1.	70°	56°
2.	61°	5°
3.	51°	5°
4.	59°	15°
5.	103°	39°
6.	65°	0°

Daraus ergiebt sich eine anfänglich vorhandene mittlere Neigung von 68° und ein rückwärts durchlaufener Bogen von durchschnittlich nur 28°, Grössen, die sich verhalten wie 100 : 41.

Unter sonst gleichen Verhältnissen, jedoch unter Lichtausschluss, erhielten wir früher auf 100° Krümmung 55° Streckung, also 14° mehr, als in unserem letzten Versuche. Dieser Unterschied beruht lediglich auf dem retardirenden Einfluss des Lichts, der dahin geht, die Blüthe in horizontaler Lage zu halten.

Vergleicht man die eben gewonnenen Zahlen mit denjenigen, welche wir früher erhielten, als wir das Licht einseitig auf verkehrt hängende Objecte mit noch geraden Stielen einwirken liessen, so ergeben sich einige Unterschiede. In unserem letztbesprochenen Experiment betrug bei einer anfänglichen Krümmung von 68° der rückwärts durchlaufene Bogen 28°; der endlich erreichte Axenwinkel hatte demnach eine Grösse von 40°. — In jenem Versuche dagegen wurde eine Endlage von 29° erreicht, also um 11° weniger. — Licht und Rectipetalität wirkten sich in beiden Fällen entgegen; im einen suchte das Licht eine vorhandene Krümmung zu erhalten, im anderen einen geraden Stiel zu beugen; in beiden stellte die Rectipetalität eine Hemmung dar. Die Gleichgewichtslage wurde jedoch in einem Falle bei 29°, im anderen bei 40° erreicht. Diesen Unterschied dürfen wir ohne Zweifel jenem inneren Factor zuschreiben, der in der Textur des Gewebes besteht. In unserem früheren Versuche wirkte derselbe im Bunde mit der Rectipetalität dem Lichteinfluss entgegen, jedoch stellte er hier, weil die Stiele noch sehr jung waren, eine geringere Grösse dar. Dagegen in unserem letzten Versuch war seine Wirkung mit dem Licht gegen die Rectipetalität gerichtet, und hier war sein Einfluss grösser, da das Gewebe des Stieles schon ein

höheres Alter erlangt hatte. — Zu diesem Momente dürfte sich noch ein weiteres gesellen, nämlich die Verschiedenheit in der Beleuchtung, welcher die Objecte in den beiden Versuchen ausgesetzt waren. Doch glaube ich, dass diesem Umstande schon darum keine erhebliche Bedeutung beizulegen ist, weil in dem Experiment mit allseitiger Beleuchtung auf Grund des Umstandes, dass hierbei auch mehr Licht von unten auf die Blüthe fiel, die Stiele sich hätten mehr strecken können, als dies wirklich der Fall war.

Soviel über meine bis jetzt ausgeführten Experimente bezüglich des Heliotropismus unserer Blüthenstiele. Andere Versuche, zu verschiedenen Zwecken angestellt, haben bis jetzt noch kein genügendes Resultat ergeben, und können daher erst später mitgetheilt werden.

Fassen wir die sämmtlichen bisher gewonnenen Ergebnisse zusammen, so ergiebt sich daraus, dass die Lage der Blüthe von Narcissus Pseudo-Narcissus unter normalen Verhältnissen durch folgende Factoren bedingt wird: durch die Schwerkraft, eine innere Ursache, die Rectipetalität, und wahrscheinlich das Licht. — Bei vertical-aufrechter Stellung des Schaftes gelangt die Blüthe in horizontale Lage durch den Einfluss der Schwerkraft; sobald diese Lage erreicht ist, befinden sich die genannte Kraft und die Rectipetalität im Gleichgewicht.

In welcher Art neben den genannten beiden Kräften das Licht einwirkt, ja, ob es bei den angegebenen Lagen des Schaftes überhaupt mitwirkt, ist eine Frage, auf die ich zur Zeit noch keine Antwort zu geben vermag. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass für die Blüthe gerade diejenige Lichtmenge erforderlich ist, welche sie bei horizontaler Lage empfängt, und dass dem entsprechend die Bewegungen des Stieles dahin zielen, diese Lage herbeizuführen. Bei horizontaler Stellung der Blüthe fände dann ein Optimum bezüglich der Lichtwirkung statt, bei abwärts gerichteter Oeffnung empfinge sie zu wenig, bei aufwärts gerichteter vielleicht zu viel; und diesen Umständen entsprechend wäre dann der Stiel mit Heliotropismus ausgerüstet. Eine derartige Annahme mag anfangs etwas befremdlich erscheinen, findet aber

jedenfalls in der Zweckmässigkeits-Mechanik des Organismus ihre ausreichende Begründung. — Wäre sie richtig, dann würde das Licht bei aufrechter Stellung der Pflanze im Bunde mit der Schwerkraft dahin wirken, die Blüthe in horizontale Lage zu bringen, und in dieser jederzeit zu erhalten. Nur müsste man dann, — das liegt auf der Hand, — den Sitz der lichtempfindlichen Partie nicht im Stiel, sondern in der Blüthe suchen; von dieser aus würden die Bewegungen des Stieles inducirt und regulirt. Denn wie bei allseitig gleicher Beleuchtung durch einfachen Heliotropismus des Stieles die horizontale Lage der Blüthe bewerkstelligt werden sollte, wäre gar nicht abzusehen.

Vom Standpunkte unserer gewöhnlichen Anschauungen über den Heliotropismus von Organen aus mag, wie erwähnt, die eben gemachte Annahme zwar etwas befremdlich erscheinen, allein es giebt, wie ich im Laufe dieser Untersuchung darthun werde, Fälle, in welchen die Schwerkraft auf Organe gerade den Einfluss ausübt, den wir hier bezüglich des Lichtes supponiren, und wo die Bewegung eines Organs durch die Wirkung der Kraft auf ein anderes, mit diesem im Zusammenhang stehendes, verursacht wird.

Dass die Blüthe bei einseitiger Beleuchtung im Zimmer mit diffusem Licht ihre Oeffnung dem einfallenden Licht entgegen wendet, ist oben gezeigt worden; der Stiel krümmt sich dabei positiv heliotropisch nach der gewöhnlichen Terminologie. Ob die Blüthe aber einer starken, über das angenommene Optimum hinausgehenden Beleuchtung gegenüber das entgegengesetzte Verhalten einschlägt, habe ich bis jetzt nicht feststellen können; meine Bemühungen in dieser Richtung waren noch nicht von Erfolg begleitet. Wäre es der Fall, dann würde sich nun der Stiel negativ heliotropisch verhalten, da ja die stärkst beleuchtete Seite convex würde. — Besser wäre es dann freilich, gar nicht mehr von Heliotropismus des Stieles zu reden, sondern einfach zu sagen: das Licht wirkt auf die Blüthe derart, dass diese eine bestimmte Lage einnimmt; um die letztere zu erreichen, wird bald die heller, bald die schwächer beleuchtete Seite des Stieles veranlasst, sich convex zu krümmen; der directe Einfluss des Lichtes auf den Stiel giebt dabei nicht den Ausschlag, sondern die Wirkung des Lichtes auf die Blüthe oder auf den Complex von Blüthe und Stiel.

Sehen wir jedoch einstweilen von diesen Erwägungen ab, so lässt sich die Lage der Blüthe im Freien in Bezug zum Licht

auch in folgender Art auffassen. Bei aufrechter Stellung des Schaftes ist der Einfluss der Schwerkraft derartig überwiegend, dass der positive Heliotropismus des Stieles dabei gar nicht zur Geltung kommt; derselbe wird gänzlich oder doch fast gänzlich überwunden. Bei einer beliebigen nach oben geneigten Lage findet das Gleiche statt; die Stellung der Blüthe wird fast lediglich durch Schwerkraft und Rectipetalität bestimmt. Käme es dagegen einmal vor, dass der Schaft nach unten geneigt wäre, — ein Fall, den ich niemals beobachtet habe, und der nur an steile Abhänge bewohnenden Pflanzen in Folge gewaltsamer Eingriffe auftreten könnte, — dann würde der positive Heliotropismus in Kraft treten, und die Blüthe sich der Rectipetalität entgegen lichtwärts wenden.

Diese Andeutungen über das Zusammenwirken der drei Kräfte, Schwere, Licht und Rectipetalität, mögen einstweilen genügen. Zu ihnen würde sich alsdann noch, je nach Umständen an Grösse wechselnd, ein weiterer innerer Factor gesellen, der in dem Gewebe seinen Sitz hat, und, wie wir wiederholt gesehen, meist als Hemmung auftritt. Ueber die Natur desselben lässt sich zur Zeit Nichts sagen; möglich, dass er bezüglich der weiter rückwärts liegenden Ursachen mit der Rectipetalität zusammenfällt. Wie dem aber auch sei, aus praktischen Gründen empfiehlt es sich, ihn gesondert in Rechnung zu bringen, und daher als eigene Grösse hier noch einmal anzuführen.

Genauere Bestimmungen über die Grösse dieser inneren Hemmung habe ich bis jetzt nicht ausgeführt. Doch sei hier bemerkt, dass sie in ein und demselben Stiele offenbar grossen Veränderungen unterliegt. Dies geht daraus hervor, dass ein unter dem Einfluss der Schwerkraft sehr stark gekrümmter Stiel sich keineswegs immer mit entsprechender Leichtigkeit rückwärts bewegt, wenn man die Angriffspunkte der Schwerkraft ändert, oder ausschliesslich die Rectipetalität einwirken lässt. Es kann in solchem Falle zwar die Rückwärtsbewegung der einstigen Krümmung entsprechend schnell und ausgiebig verlaufen; sie kann aber auch unerwartet träge sein und sehr gering ausfallen. Ja, man kann behaupten, dass die innere Hemmung, abgesehen davon, dass sie im Allgemeinen mit dem Alter zunimmt, ein zur Zeit gänzlich unberechenbarer Factor sei.

Nachdem auf die biologische Bedeutung der Lage unserer

Blüthe wiederholt hingewiesen worden ist, sei hier schliesslich noch bemerkt, dass die letztere nach allen meinen Erfahrungen die Benetzung des Inneren mit Wasser zu vermeiden sucht. Ob dies aber der einzige Zweck ist, welcher durch die horizontale Lage erreicht wird, vermag ich zur Zeit nicht zu sagen, bezweifle es aber, denn offenbar würde diese Aufgabe durch stärkere Abwärtskrümmung noch sicherer erreicht. Führt man eine solche aber herbei, wie es in unseren Versuchen geschah, dann sucht sich die Blüthe unter dem Lichteinfluss wieder, und zwar lichtwärts, horizontal zu stellen; ein Umstand, aus dem ich schliesse, dass unsere oben gemachte Annahme richtig ist, und das Innere der Blüthe bei horizontaler Stellung das Lichtoptimum erhält. — Weitere Untersuchungen müssen diesen Punkt aufklären.

Messung der Kräfte.

Nachdem im Vorstehenden die bei der Krümmung und Streckung des Stieles wirkenden Kraftformen festgestellt worden sind, wollen wir die durch sie ausgelösten Bewegungen nach einer anderen Richtung untersuchen.

Dass die oben besprochenen Erscheinungen activer Natur seien, nicht etwa durch das Gewicht der Blüthe verursacht werden, lässt sich schon aus dem ganzen Verlaufe unserer Untersuchung mit Bestimmtheit schliessen. Ganz abgesehen davon kann man sich leicht überzeugen, dass in dem sich krümmenden und gekrümmten Blüthenstiel eine hohe Spannung vorhanden ist. Schon der einfache Versuch, die Krümmung mit der Hand wieder auszugleichen, lässt auf beträchtlichen Widerstand schliessen. Befestigt man in der Mitte der Blüthe, etwa an der Ansatzstelle der Paracorolla, einen Faden, führt diesen über eine leicht bewegliche Rolle, und hängt am anderen Ende desselben Gewichte auf, so lässt sich die Grösse des fraglichen Widerstandes einiger Maassen schätzen. Beschwert man den Faden nach und nach mit 10, 20, 30 und mehr Gramm, so wird der Stiel immer gerader; aber erst bei etwa 50 Gr. und unter Umständen noch mehr wird eine annähernde Geradstreckung erreicht. Bei diesem Process wird die concave Seite des Stieles gedehnt, während die convexe eine Compression bis zur Faltenbildung erfährt. — Entfernt man die Gewichte rasch, so schnellt die Blüthe wieder in ihre ehemalige Lage zurück, die sie entweder sofort oder jedenfalls bald erreicht.

Aus diesem Versuche ergiebt sich, dass das Gewebe des Blüthenstieles sehr elastisch ist, eine Thatsache, die in der Folge noch weitere Bestätigung finden wird.

Um die bei der Krümmungsbewegung geleistete Arbeit, wenn auch nur annähernd, beurtheilen zu lernen, bediente ich mich einer einfachen Vorrichtung, welche durch die beistehende Figur veranschaulicht wird. Die Klammer a führt eine sehr leicht bewegliche hölzerne Rolle, deren Rand zum Zweck der Aufnahme des Fadens ausgehöhlt ist. Die Rolle wiegt nur 3 Gr. und hat eine glatte Oberfläche; der Widerstand, welchen ihr Gewicht und die Reibung bei der Bewegung verursachen, kann bei unsern Versuchen getrost = 0 gesetzt werden. Der die Klammer tragende Arm m ist mit n durch ein Gelenk verbunden, das nur einem verhältnissmässig kräftigen Drucke nachgiebt; der Stab n ist in der verticalen hohlen Säule verschiebbar, und auf jeder beliebigen Höhe vermittelst Schraube festzustellen; die Säule selbst ruht auf massivem, mit Blei gefülltem Messingfuss. Klammer, Arm, Stab und Säule sind ebenfalls von Messing gefertigt.

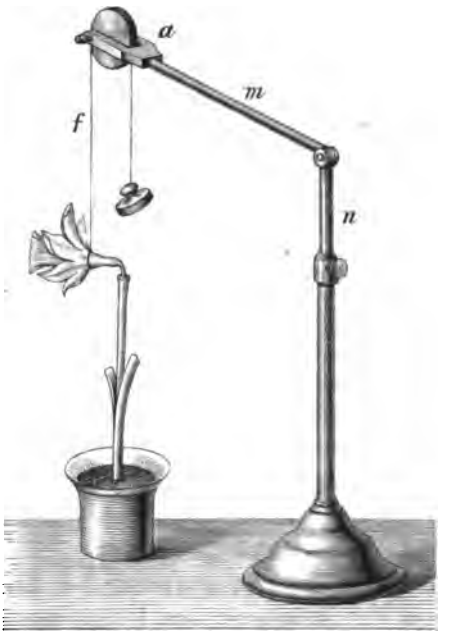


Fig. 4.

Beim Gebrauche des Apparates ist überall, wo es sich um Vergleiche handelt, besonders darauf zu achten, dass der Faden f senkrecht gespannt ist, eine Aufgabe, der durch vorsichtiges Verschieben des Apparates oder Objectes so weit als möglich Genüge geleistet wurde. Ganz besonders wurde auf diesen Umstand geachtet, wenn das Maximum der Leistung eingetreten war und die Messung desselben gemacht werden sollte. — Zu Versuchsobjecten wurden stets nur Pflanzen mit gedrungenem, kräftigem Schaft verwendet, und dieser, wenn nöthig, bis zur Ansatzstelle

des Stieles an einem breiten Tannenstabe so befestigt, dass er sich aus der Vertical-Richtung nicht entfernen, wohl aber in dieser Richtung verschieben konnte.

Die Ausführung der Versuche geschah bald im Hellen, bald im Dunklen, in beiden Fällen, wie nicht anders zu erwarten, mit gleichem Ergebniss. Die Experimente selbst und deren Resultate sollen jetzt kurz besprochen werden.

1. Ein kräftiges Object, das seine Krümmung eben begonnen und dessen Knospe einen Neigungswinkel von 14° hatte, wurde gewählt, etwa auf der Höhe der Ansatzstelle der Nebenkrone an das Perigon um die Scheide ein Faden fest geschlungen, der letztere über die Rolle geführt, und am anderen Ende mit einem Gewicht von 5 Gr. belastet. Nach drei Tagen hatte sich der Blüthenstiel soweit gekrümmt, dass der Neigungswinkel 90° betrug. Der Hebelarm, an welchem das Gewicht wirkte, hatte, von der Anheftungsstelle des Fadens bis zur Mitte des unteren verticalen Stielstückes gemessen, eine Länge von 18 Mm. — Nunmehr wurde das Gewicht entfernt; die Blüthe senkte sich alsbald abwärts, bis sie nach einer Stunde einen Neigungswinkel von 98° erreicht hatte, welcher nicht weiter verändert wurde. Das Gewicht hielt sonach einer Spannung im Stiel das Gleichgewicht, welche die Blüthe um 8° tiefer geneigt haben würde.

2. Derselbe Versuch wurde mit einem ähnlichen Object wiederholt. Bei Beginn des Versuches betrug die Neigung der Knospe 18°, das angehängte Gewicht 5 Gr. Die Blüthe erreichte einen Neigungswinkel von 100°. Bei Erreichung der Horizontalen besass der Hebelarm eine Länge von 16 Mm.

3. Das Experiment wurde von Neuem angestellt, jedoch mit dem Unterschiede, dass anstatt des 5-Grammgewichtes ein solches von 10 Gr. angehängt war. — Als nach vier Tagen keine Abwärtskrümmung eingetreten war, wurde der Versuch unterbrochen.

4. Wieder wurde ein kräftiges Object ausgewählt, und seine Knospe mit 7 Gr. belastet; die bei Beginn des Versuches vorhandene Neigung betrug 20°. Nach fünf Tagen wurde das Experiment beendigt; die Blüthe hatte jetzt einen Neigungswinkel von 73° erreicht. Die Messung der Projection des Hebelarms auf die Horizontale ergab 17 Mm. Als das Gewicht entfernt wurde, bewegte sich die Blüthe noch um 9° abwärts.

5. Im nächsten Versuch wurde ein Object verwendet, dessen

Knospe schon bis auf 45° geneigt war. Nach Anhängung von 10 Gr. verringerte sich dieser Winkel bis auf 41°; später nahm er wieder zu, bis eine Endlage von 69° erreicht war. In dieser Lage betrug die Horizontalprojection des Hebelarmes 13 Mm. Gleich nach Abnahme des Gewichtes senkte sich die Blüthe auf 98° herab, und dieser Winkel vergrösserte sich später noch bis auf 104°.

6. Als nächstes Object wurde eine Pflanze mit schon fast geöffneter Blüthe benutzt, deren Neigungswinkel 39° betrug. Als Belastung wurde ein Gewicht von 20 Gr. angehängt. In Folge dessen durchlief die Blüthe rückwärts einen Winkel von 14°, dann stand sie still und begann nun die Vorwärtsbewegung, bis sie einen Neigungswinkel von 32° erreicht hatte. In dieser Lage angelangt, zeigte sie keine Veränderung mehr; ihren anfänglichen Neigungswinkel erreichte sie also nicht ganz wieder. Die Horizontalprojection des Hebelarmes betrug am Schluss des Versuches 8 Mm.

7. Nun wurde ein Versuch mit einer Belastung von 15 Gr. gemacht, und zwar an einer Blüthe, die sich eben bis auf 82° herabgesenkt hatte. Nach der Anhängung des Gewichtes verringerte sich dieser Winkel auf 40°, und veränderte sich weiterhin nicht. Die Horizontalprojection des Hebelarmes hatte in der Endlage eine Länge von 10 Mm.

8. Endlich wurde ein letzter Versuch mit einer Belastung von 15 Gr. angestellt. Der schon erlangte Neigungswinkel von 45° verkleinerte sich nach Anhängung des Gewichtes um 3°, dann erfolgte Stillstand und weiterhin wieder Vorwärtsbewegung, bis eine Endlage von 47° erreicht war, in welcher die Blüthe verharrte. Die Horizontalprojection des Hebelarmes belief sich in dieser Stellung auf 11 Mm. — Nach Verlauf eines Tages wurden 3 Gr. von dem Gewicht abgenommen, sodass die Belastung jetzt noch 12 Gr. betrug. Nunmehr senkte sich die Blüthe noch um etwa 3°, veränderte dann aber ihre Lage nicht mehr.

Stellen wir die bei den gelungenen Versuchen erhaltenen Resultate zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

No.	Gewicht.	Länge des Hebelarmes.	Statisches Moment.
1.	5 Gr.	18 Mm.	90
2.	5 „	16 „	80
4.	7 „	17 „	119
5.	10 „	13 „	130
6.	20 „	8 „	160
8.	15 „	11 „	165

Von diesen sechs Werthen sind die beiden ersten offenbar zu niedrig, bei den letzten fand zwar noch Bewegung, aber nicht mehr die volle statt. Ziehen wir aus den letzten vier Grössen einen Mittelwerth, so ergiebt sich ein statisches Moment von 140.

Hiervon ist nun das Moment der Blüthe in Abzug zu bringen. Das Gewicht einer grösseren Blüthe mit der Scheide beträgt 1,6 Gr., der Hebelarm, an dem es wirkt, im Mittel 27 Mm., woraus sich ein statisches Moment von 43,2 ergiebt. Zieht man diesen Werth von 140 ab, so bleiben 96,8 oder rund 100.

Bei den angegebenen Einheiten stellt demnach das statische Moment von 100 den abwärts gerichteten Druck dar, welchen der Stiel bei seiner Krümmungsbewegung ausübt. Hierbei ist von dem geringen Reibungswiderstande, den die Rolle darbietet, sowie von den kleinen Fehlerquellen, welche in der Aufstellung des Apparates liegen, abgesehen. Es konnte dies um so eher geschehen, als es sich hier ja nicht um genaue, sondern nur um Bestimmungen von annähernder Richtigkeit handelt.

Die Bedeutung aber, welche das Gewicht der Blüthe für den Krümmungsprocess hat, ergiebt sich aus unseren Versuchen zur Evidenz. Nicht nur, dass die Blüthe nicht passiv durch ihr Gewicht abwärts gezogen wird, vielmehr vermag der Stiel — von der Blüthe und ihrem Aequivalent abgesehen — noch den Widerstand einer Kraft zu überwinden, die gleich kommt dem zweiundeinhalbfachen des statischen Momentes einer Blüthe.

Die in unseren vorhin beschriebenen Experimenten gefundenen Kraftleistungen dürfen wir nach früheren Versuchen als eine Folge des Einflusses der Schwerkraft auffassen. — Es drängt sich nun ohne Weiteres die Frage auf, wie gross die Wirkung der übrigen Kräfte, besonders der Rectipetalität, sei. Erst durch Messung der verschiedenen Kraftleistungen lässt sich ein Prüfstein gewinnen, ob unsere obige Annahme bezüglich des Grössenverhältnisses der Kräfte unter einander richtig ist oder nicht.

Nach unsern früheren Versuchen wird der schon gekrümmte Blüthenstiel, wenn die Pflanze in vertical verkehrte Lage gebracht wird, unter dem Einfluss der Rectipetalität ganz oder theilweise gerade gestreckt. Diese Thatsache bot die Möglichkeit, die Grösse der Wirkung dieser Kraft zu bestimmen. Die Art und Weise, in welcher der Versuch ausgeführt wurde, wird aus der beistehenden Figur erhellen. Nachdem Zwiebel und Wurzeln eines Objectes, dessen

Blüthenstiel seine Krümmung schon ganz oder nahezu ganz ausgeführt hatte, in einen Ballen feuchten Fliesspapieres eingeschlagen worden waren, wurden dieselben in die Klammer eines Stativs mässig fest eingeklemmt. Der Schaft sah dabei senkrecht nach unten, und sein Geotropismus wurde durch ein genügend grosses angehängtes Gewicht vollständig eliminirt. Je nach dem Grade der früher erlangten Neigung hatte nun die Blüthe eine horizontale oder mehr oder weniger geneigte Stellung. An einer geeigneten Stelle wurde um die Perigonröhre der Faden geschlungen, dieser über die Rolle geführt, und am anderen Ende mit dem Gewicht beschwert. Streckte sich der Stiel unter dem Einfluss der Rectipetalität nun gerade, so musste das Gewicht emporgehoben werden, und sich so die Grösse der bei der Bewegung entwickelten Kraft messen lassen. — Der Unterschied von unserm letztbeschriebenen Versuch bestand nur darin, dass in diesem der Hebelarm, an welchem das Gewicht wirkte, am Schluss des Experimentes am längsten und damit das statische Moment am grössten war; während nunmehr umgekehrt der Hebelarm anfangs die grösste Länge hatte, und dem entsprechend auch der Widerstand am grössten war.

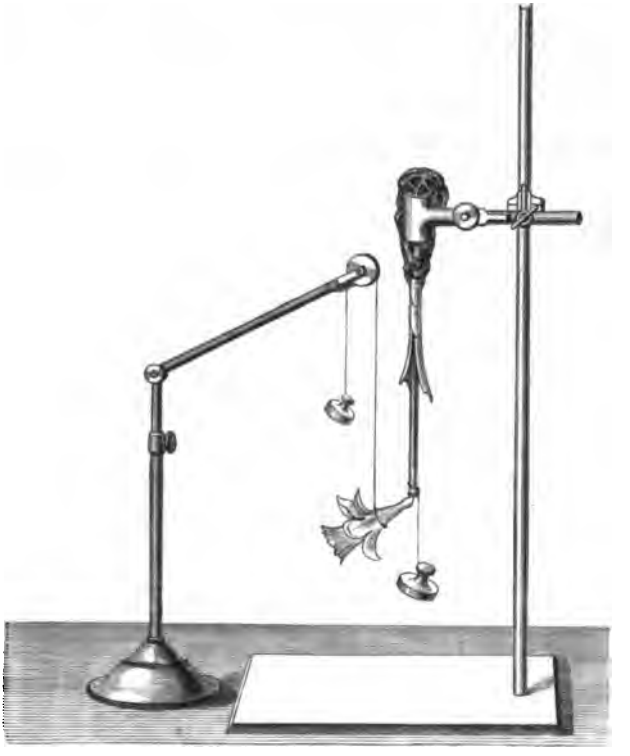


Fig. 5.

Ueber die beschriebene Vorrichtung wurde eine grosse Glasglocke gestellt, welche theilweise mit feuchtem Fliesspapier ausgekleidet war, und, damit jeder Lichteinfluss ausgeschlossen sei, mit einem entsprechend grossen schwarzen Recipienten bedeckt wurde. Der die Zwiebel und Wurzeln einhüllende Papierballen wurde durch von Zeit zu Zeit erfolgendes Bespritzen feucht erhalten.

Dass zu diesen Versuchen ebenfalls nur kräftige und tadellose Exemplare gewählt wurden, braucht kaum noch erwähnt zu werden.

Es soll auch jetzt wieder der Verlauf einiger Experimente specieller besprochen werden.

1. Die Knospe des Objectes öffnet sich eben, und hat einen Neigungswinkel von 69° erlangt; der Nebenwinkel beträgt sonach 111°. Als Belastung dient ein Gewichtsstück von 5 Gr., nach dessen Anhängung sich die Blüthe emporhebt, bis der Nebenwinkel auf 93° verkleinert ist. Die Längsaxe der Blüthe hat nun eine fast horizontale Lage, und die Länge des Hebelarmes beträgt 20 Mm. — Nach vier Tagen wurde der Versuch beendigt. Der Nebenwinkel hatte sich nun auf 158° vergrössert, sodass der Axenwinkel nur noch 22° betrug.

2. Die Neigung der Knospe betrug 57°, der Nebenwinkel also 123°; als Belastung dienten in diesem Falle 10 Gr. Nach Anhängung des Gewichtes wurde die Blüthe gehoben, bis der Nebenwinkel sich auf 62° verringert hatte. Während die Knospe sich öffnete, streckte sich der Stiel, bis der Nebenwinkel von 62° auf 88° vergrössert war; in dieser Lage verharrte die Blüthe. Das Gewicht wirkte jetzt an einem Hebelarm von 17 Mm. Länge.

3. Die eben sich öffnende Blüthe hatte einen Neigungswinkel von 60°, somit einen Nebenwinkel von 120°. Nach einer Belastung mit 10 Gr. verkleinerte sich der Nebenwinkel auf 96°; der Hebelarm hatte nunmehr eine Horizontalprojection von 27 Mm. Länge. — Am folgenden Tage hatte sich der Nebenwinkel noch um 10° verringert und in der nun erlangten Lage verharrte die Blüthe. Nach zwei Tagen wurden statt 10 Gr. nur 8 Gr. angehängt, worauf sich die Blüthe um 5° abwärts senkte, in welcher Lage sie verblieb. — Als am nächsten Tage keinerlei Veränderung eingetreten war, wurde die Belastung um noch 3 Gr. verringert. Nunmehr begann eine Abwärtsbewegung, bis der Nebenwinkel

eine Grösse von 122° erreicht hatte, der Axenwinkel also 58° betrug. In dieser Lage angelangt, veränderte die Blüthe ihren Axenwinkel nicht mehr. Als jedoch später das Gewicht entfernt wurde, senkte sich die Blüthe noch, bis der Nebenwinkel auf 147° gestiegen war, der Axenwinkel also eine Grösse von 33° erlangt hatte.

Noch andere derartige Versuche wurden angestellt, jedoch nicht immer mit gleich günstigen Resultaten, bis der Schluss der Vegetationsperiode es leider unmöglich machte, eine der früheren Versuchsreihe entsprechende Zahl von Angaben zu gewinnen.

Stellen wir auch jetzt wieder die Ergebnisse unserer Versuche zusammen, so erhalten wir Folgendes:

No.	Gewicht.	Länge des Hebelarmes.	Statisches Moment.
1.	5 Gr.	20 Mm.	100
2.	10 „	17 „	170
3.	5 „	27 „	131

Von diesen Resultaten sind die im 1. und 3. Versuch gewonnenen unzweifelhaft richtig, das im 2. erhaltene dagegen weniger sicher. Doch wird man auf Grund des glatten Verlaufes der beiden erstgenannten Versuche wohl zu dem Schluss berechtigt sein, dass der mittlere Werth des statischen Momentes hier dieselbe Höhe besitze, wie in unserer früheren Versuchsreihe. Wollte man dies aber nicht zugeben, so bliebe doch soviel sicher, dass die Differenz, wenn eine solche überhaupt vorhanden, jedenfalls nicht von Belang sein könnte.

Es ergiebt sich sonach aus unseren beiden Versuchsreihen die nicht unwichtige Thatsache, dass die Wachsthumsbewegung des Stieles, gleichviel ob Krümmung oder Streckung, gleichviel ob unter dem Einfluss der Schwerkraft oder der Rectipetalität ausgeführt, mit der gleichen Energie vollzogen wird.

Nun ist aber wohl zu bedenken, dass die bei der Krümmung oder Streckung der Blüthenstiele geleistete Arbeit keineswegs ein directes Maass für die sie verursachenden Kräfte, Schwerkraft und Rectipetalität, darstellt. Was gemessen wird, sind lediglich die Turgorkräfte, welche bei der Bewegung in's Spiel kommen, und die offenbar bei der Krümmung und Streckung die gleichen sind, demnach bald durch die Schwerkraft, bald durch die Rectipetalität in Thätigkeit gesetzt werden. Diese Kräfte[1]) sind daher

[1]) Bezüglich der hier berührten Frage ist zu vergleichen: *Pfeffer*,

von auslösender Natur, sind Anstösse, Reize, über deren Grösse durch die Messungen Nichts ausgesagt ist. Wohl aber muss, — das darf man mit einiger Gewissheit schliessen, — für die hier behandelten Kräfte und innerhalb der hier in Frage kommenden Grenzen jeder Wirkungsgrösse eine bestimmte Reizgrösse entsprechen. Zwischen beiden muss, wenn einmal die untere Reizungsschwelle überschritten ist, ein Verhältniss bestehen, das, mag es sonst sein, welcher Art es wolle, ein directes ist. Alle bis jetzt angestellten Beobachtungen sprechen für diese Annahme; wollte man dieselbe nicht gelten lassen, so würde man sich in Schwierigkeiten verwickeln, welche geradezu unlösbar wären.

Macht man aber diese naheliegende Annahme, dann darf man schliessen, dass zwei verschiedene Kräfte, wenn sie innerhalb der angegebenen Grenzen den gleichen mechanischen Effect auslösen, auch relativ gleiche Grössen darstellen, d. h. aequivalent sind. — Damit aber gelangen wir zu unseren früher angestellten Erwägungen zurück. Aus der Lage der Blüthe bei den verschiedenen Stellungen des Schaftes zogen wir den Schluss, dass bei vertikal-aufrechter Stellung des letzteren der Einfluss der Schwerkraft das Maximum erreiche, dass er bei allmäliger Neigung desselben abnehme, bis er bei horizontaler Lage auf 0 herabgesunken sei. Umgekehrt nahmen wir für die Rectipetalität an, dass ihre Wirkung bei jeder Lage des Schaftes unter und bis zur Horizontalen dem Maximum gleichkomme, von da an aber abnehme und bei vertical-aufrechter Stellung gleich 0 werde. Die Maxima haben wir in beiden Fällen = 1 gesetzt, und uns auf diese Weise genügende Rechenschaft über jede Lage der Blüthe bei einer Stellung des Schaftes zwischen 0° und 90° über der Horizontalen zu geben vermocht.

Diese früher gezogenen Schlüsse erfahren nun unter der vorhin gemachten Voraussetzung durch unsere letzten Experimente eine Bestätigung; unter dem Einfluss von jeder der beiden Kräfte wird die dadurch veranlasste Bewegung mit gleichem Kraftaufwand ausgeführt. Die Vorstellung, welche wir uns über das Zusammenwirken der beiden Kräfte gebildet hatten, darf demnach als eine richtige angesehen werden.

Soweit wäre Alles klar. Nichtsdestoweniger muss ich ge-

Osmotische Untersuchungen. Leipzig, 1877. Besonders der Abschnitt über Heliotropismus und Geotropismus. S. 207 ff.

stehen, dass sich mir an diesem Orte eine Schwierigkeit gegenüberstellt, über welche ich bis jetzt nicht habe hinaus können. Diese Schwierigkeit liegt in der Vorstellung, dass der Einfluss der Rectipetalität bei einer bestimmten Stellung des Schaftes = 0 werden soll. — Obwohl wir uns über das Wesen der Einwirkung äusserer Kräfte, namentlich der Schwerkraft, auf den Organismus vollkommen im Dunkel befinden, so bietet doch der Gedanke, dass eine in einer bestimmten Richtung wirkende derartige Kraft bei gewissen Lagen des Körpers keinen Einfluss habe, keine Schwierigkeit dar, und zwar um so weniger, als wir ja im Stande sind, die Wirkung einer solchen Kraft gänzlich auszuschliessen, oder doch durch eine geeignete Vorrichtung unwirksam zu machen. — Ganz anders verhält sich die Sache mit einer inneren Kraft, wie die Rectipetalität es ist. Diese ist untrennbar an das Object, den Stiel, gebunden, ist eine Eigenschaft desselben, ein gesunder Stiel im Zusammenhang mit Blüthe und Schaft ohne dieselbe gar nicht denkbar. Wie nun ein solcher Einfluss bei einer bestimmten Lage des Stieles = 0 werden, bei jeder andern dagegen vorhanden sein soll, ist eine mir nur schwer zugängliche Vorstellung.

Ursprünglich dachte ich, dass die Rectipetalität stets im Stiel vorhanden sei, dass sie aber bei bestimmten Lagen des Schaftes von den äusseren Kräften überwunden werde. Mit dieser naheliegenden Vorstellung standen aber die Experimente nicht im Einklang. Denn es ist klar, dass, wenn im vertical-aufrechten Schaft die Rectipetalität mit ihrer vollen Kraftgrösse vorhanden wäre, der Einfluss der Schwerkraft sich nach unseren Messungen doppelt so gross herausstellen würde, als der der Rectipetalität. Hätte er aber wirklich diese Grösse, dann müsste die bei einer beliebigen im oberen Quadranten geneigten Lage des Schaftes sich ergebende Resultante der beiden Kräfte eine andere Stellung der Blüthe bedingen, als wir sie in Wirklichkeit beobachten. Der Einfluss der Schwerkraft müsste dann, wie eine einfache Erwägung ergiebt, bei einer allmäligen Neigung des Schaftes nach einem anderen Verhältniss abnehmen, als wir es uns früher vorstellten, und dem entsprechend die Lage der Blüthe im oberen Quadranten eine sehr verschiedene sein. Thatsächlich beobachten wir aber, dass die Längsaxe der Blüthe bei jeder Stellung des Schaftes im oberen Quadranten eine horizontale Richtung einnimmt, ein Umstand, der sich nur in der früher erörterten Art ausreichend er-

klären lässt, bei welcher angenommen wurde, dass die beiden Kräfte etwa gleich gross, und dass die eine derselben bei vertical-aufrechter, die andere bei horizontaler Stellung des Schaftes = 0 sei.

Hierzu ist übrigens zu bemerken, dass der mathematische Ausdruck, die Kraft wird = 0, gewiss nicht im strengen Sinne genommen zu werden beansprucht. Vielleicht gilt er für den Einfluss der Schwerkraft bei abwärts gerichteter Lage des Schaftes, schwerlich für den der Rectipetalität bei vertical-aufrechter Stellung desselben. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dass der letztere, wenn auch nur in geringem Grade, auch in dieser Lage noch vorhanden ist.

Sei dem jedoch, wie ihm wolle, möge der Einfluss der Rectipetalität bei vertical-aufrechter Stellung des Schaftes gleich 0 werden oder nicht, soviel ist sicher, dass derselbe mehr und mehr abnimmt, je weiter sich der Schaft, von der Horizontalen ausgehend, im oberen Quadranten der Verticalen nähert. — Diese Thatsache dürfen wir als feststehend betrachten, so schwer sie auch vorstellbar ist.

Es wäre nun die weitere Aufgabe gewesen, durch Messungen auch die Energie zu bestimmen, mit welcher die Bewegung des Stieles unter dem Einfluss des Lichtes ausgeführt wird. Am vertical-verkehrten und einseitig beleuchteten Object liesse sich wahrscheinlich die Bestimmung ausführen, doch war mir dieselbe des Schlusses der Blüthezeit halber nicht mehr möglich. — Uebrigens lassen sich auch ohne jede Messung schon die Schwierigkeiten erkennen, welche sich dem Nachdenken in diesem Falle entgegenstellen. Doch ziehe ich es vor, mich, so lange das fragliche Experiment nicht wirklich ausgeführt ist, nicht weiter auf dem eingeschlagenen, etwas dornigen Pfade zu bewegen.

Durch die zuletzt beschriebenen Experimente wurde gezeigt, mit welcher Energie die Krümmung und Geradstreckung des Stieles erfolgen. Es ergab sich daraus, dass die Processe auf activem Wachsthum beruhen, dass das Gewicht der Blüthe, wenn überhaupt, dann jedenfalls nur eine sehr untergeordnete Rolle bei dem ganzen Vorgange spielt.

Dass das Letztere der Fall sei, lässt sich auch auf eine andere Art zeigen. Anstatt nämlich die Blüthe während der Krümmung des Stieles ein Gewicht ziehen zu lassen, kann man sie auch um-

gekehrt mit einem Gewicht belasten, und aus dem nun sich ergebenden Resultat Schlüsse ziehen.

Einige in der bezeichneten Richtung ausgeführte Versuche mögen hier eine speciellere Besprechung finden.

1. Ein kräftiges Object, dessen Blüthe in der Entfaltung und Abwärtskrümmung begriffen war, und schon einen Neigungswinkel von 70° erlangt hatte, wurde mit einem Gewicht von 5 Gr. belastet, nachdem der Schaft in verticaler Stellung fest angebunden war. — Der Erfolg war, dass die Blüthe sich senkte, bis sie einen Neigungswinkel von 98° erlangt hatte. In dieser Lage verharrte die Blüthe auch dann noch, als das Gewicht entfernt worden war. Als der Neigungswinkel ein rechter war, hatte der Hebelarm des nach unten ziehenden Gewichtes eine Länge von 23 Mm. Das statische Moment wurde hier also durch die hohe Zahl 115 dargestellt.

2. Gleichzeitig wurde eine andere Blüthe, die sich bis zu 90° abwärts gesenkt und eben geöffnet hatte, mit 2 Gr. belastet, die an einem Hebelarm von 13 Mm. wirkten; das statische Moment betrug sonach 26. — Durch diese Belastung erfuhr die Blüthe keine wahrnehmbare Veränderung. Als nach vier Tagen das Gewicht entfernt wurde, hob sich die Blüthe um 5°.

3. Eine dritte, eben geöffnete Blüthe mit einem Neigungswinkel von 102° wurde mit $2_{,5}$ Gr. beschwert; der Hebelarm betrug, auf die Horizontale projicirt, 25 Mm. — Die Blüthe senkte sich anfangs ein wenig, hob sich dann aber wieder, bis sie die Anfangslage erreicht hatte, und behielt diese bei, als nach vier Tagen die Belastung entfernt wurde.

4. Eine frisch geöffnete Blüthe hatte einen Neigungswinkel von 88° erlangt, als sie mit 5 Gr. belastet wurde, die an einem Hebelarm von 18 Mm. zogen. Die Blüthe senkte sich, bis nach sechs Tagen ein Neigungswinkel von 116° erreicht war. Gleich nach Abnahme des Gewichts verkleinerte sich dieser Winkel auf 112°, und weiterhin auf 99°, in welcher Lage die Blüthe verharrte.

5. Endlich wurde eine eben entfaltete Blüthe mit einem Neigungswinkel von 90° mit einem Gewicht von $5_{,5}$ Gr. beschwert; die Länge des Hebelarmes belief sich dabei auf 27 Mm. Die Blüthe senkte sich in Folge dieser hohen Belastung bis zu einem Neigungswinkel von 136°. Als der Stillstand erreicht war, wurde das Gewicht entfernt. Die Blüthe hob sich alsbald, bis sie nur

noch eine Neigung von 122° besass In der Folge aber verkleinerte sich dieser Winkel noch mehr, bis nach sechs Tagen der endliche Neigungswinkel nur noch 86° betrug.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass, wenn die Blüthe ihre Endlage nahezu oder vollständig erreicht hat, ein angehängtes, selbst beträchtliches und an einem langen Hebelarme wirkendes Gewicht das Wachsthum des Stieles keineswegs so zu verändern vermag, dass ein grösserer Neigungswinkel erreicht wird. Selbst eine mehrtägige hohe Belastung vermag keine solche Veränderung hervorzurufen. Der beträchtlichere Neigungswinkel, der anfänglich erreicht wird, beruht nicht auf Wachsthum, sondern auf mechanischer Dehnung der convexen und Compression der concaven Stielseite; ein Umstand, der sich in den meisten Fällen sofort daraus erkennen lässt, dass an der letzteren die Bildung von feinen Querfalten auftritt. — Nach Abnahme des Gewichtes werden diese mechanischen Veränderungen theils sofort, theils nach und nach wieder ausgeglichen, bis der ursprüngliche Neigungswinkel wieder hergestellt ist. Sollten wirklich durch das Gewicht kleine Veränderungen im Wachsthum des Stieles hervorgerufen werden, so ist jedenfalls soviel sicher, dass sie von ganz verschwindender Bedeutung sind, und in gar keinem Verhältniss zur Belastung stehen.

In zwei Fällen fiel sogar der nach Abnahme des Gewichtes endlich erreichte Neigungswinkel kleiner aus, als er vor der Belastung war. Diese Thatsache kann man sich in folgender Art erklären. Die Blüthe ist bestrebt, ihre normale Lage zu erreichen, ein Bestreben, dem das ziehende Gewicht entgegen wirkt. Bei derartigen Hemmnissen entsteht nach allen unseren früheren Erfahrungen eine Spannung im Stiel, die in diesem Falle offenbar eine solche Höhe erreicht, dass, wenn die Belastung entfernt wird, die Blüthe nicht nur ihre normale Lage erreicht, sondern sogar rückwärts über dieselbe hinausgeht. — Wäre diese Erklärung, — und es ist wohl kaum daran zu zweifeln, — richtig, dann hätten wir hier einen der früher beschriebenen geotropischen Spannung des Schaftes analogen Fall.

Wenn aber eine Belastung von so hohem mechanischem Moment, wie wir sie in unseren Versuchen angewendet haben, nicht im Stande ist, den Neigungswinkel einer Blüthe dauernd zu verändern, dann leuchtet von Neuem ein, dass das ungleich geringere

statische Moment, welches die Blüthe oder Knospe selbst darstellt, die Krümmung nicht verursachen kann. Also auch von dieser Seite her kommen wir zu dem Schluss, dass die Krümmung ein Vorgang activen Wachsthums sei.

Um die zuletzt besprochenen Versuche zu vervollständigen, wäre es nur noch nöthig gewesen, auch solche Blüthen oder Knospen zu belasten, die ihre Krümmung noch nicht, oder erst eben begonnen hätten. Man könnte sich vorstellen, dass das Gewicht auf den jungen, im ersten Stadium der Krümmung befindlichen Stiel einen anderen Einfluss ausübte, als auf den schon weiter vorgeschrittenen, und nun vielleicht den Grad der Neigung beeinflusste. Derartige Versuche wurden mit Narcissus Pseudo-Narcissus nicht, wohl aber mit N. poeticus angestellt, was man am geeigneten Orte nachsehen wolle. Hier sei vorgreifend nur bemerkt, dass die fraglichen Experimente ergeben haben, dass selbst ein Gewicht von 10 Gr. an einem Hebelarme von 10 Mm. Länge weder eine irgendwie erhebliche Beschleunigung der Krümmungsbewegung hervorzubringen, noch den Neigungswinkel in merkbarer Weise zu verändern vermag.

Künstliche Hemmung der Bewegung.

Im Verlaufe unserer bisherigen Untersuchung wurde den Bewegungen des Stieles ganz oder nahezu freier Spielraum gestattet. Es ist nun noch die Frage zu behandeln: was wird geschehen, wenn man auf den Blüthenstiel zwar die bewegenden Kräfte einwirken lässt, die Ausführung der Bewegung selbst jedoch künstlich hindert.

Um auch diesen Punkt klar zu stellen, wurden Objecte mit noch geraden Blüthenstielen gewählt, und mit der Knospe und dem oberen Theile des Schaftes fest an kurze Stäbe gebunden. Die Zahl der Bänder betrug 4—6, von denen die Hälfte um die Knospe, die Hälfte um den Schaft gelegt wurde. Das unterste Band an der Knospe umspannte stets Fruchtknoten und Stab, das oberste am Schaft immer die nächste Partie dicht unter der Ansatzstelle des Blüthenstieles und den Stab. Der Knospe war es bald durch die Bänder nicht gestattet, sich zu öffnen; bald vermochte sie es, jedoch nur im oberen Theile des Perigons, während der untere festgeknebelt war. Die so behandelten Objecte wurden

vertical-aufrecht in Gläser gestellt und dem mässig hellen Tageslichte ausgesetzt.

Als Ergebniss lieferten diese Versuche Folgendes. Trotzdem die Blüthen ihren Ort nicht verändern konnten, krümmten sich die Stiele, wenn auch meistens nur wenig. In einzelnen Fällen verdickten sich dieselben in auffallender Weise; und fast regelmässig entstanden auf der convexen Seite feine Querfalten, welche mehr oder weniger tief in den Stiel eindrangen.

Als nach längerer Zeit, in einem Falle nach zwölf Tagen, der Versuch beendigt wurde, fand sich, dass auch jetzt noch, nachdem die Blüthen schon theilweise gewelkt waren, Spannung in den Stielen vorhanden war. Es krümmten sich dieselben, und zwar einzelne nicht unbeträchtlich, abwärts.

Der oben beschriebene Versuch wurde zweimal, einmal mit sechs, einmal mit acht Exemplaren angestellt. Aus dem erhaltenen Resultat folgt, dass die bei normaler Stellung der Pflanze unter dem Einfluss der Schwerkraft ausgelösten Wachsthumsvorgänge, wie freilich nicht anders zu erwarten war, auch dann sich abzuwickeln suchen, wenn die Erreichung der durch das Wachsthum erzielten Erfolge den Blüthen unmöglich gemacht wird

Gleichzeitig mit der eben besprochenen wurde die weitere Frage zu beantworten gesucht, ob eine schon vorhandene Krümmung durch gewaltsame Streckung und Verharrenlassen in der aufgenöthigten Lage zu beseitigen sei. — Zu dem Ende wurden die Stiele junger, eben erst in ihre horizontale Lage gelangter Blüthen vorsichtig gerade gestreckt, und dann die Blüthen und Schäfte in derselben Art an Stäben befestigt, wie sie im vorigen Versuche beschrieben wurde. Die Geradstreckung der Stiele selbst bot wegen ihrer Elastizität keinerlei Schwierigkeit dar. In einzelnen Fällen traten gleich nach der Streckung, in anderen bald darnach auf der ehemals convexen Seite des Stieles kleine Querfalten auf; die früher concave Seite zeigte nur in einem Falle einen Querriss.

Nachdem die so gefesselten Objecte in normaler Lage des Schaftes aufgestellt waren, wurden die Blüthen zu verschiedenen Zeiten von den Stäben abgelöst. Die nach den ersten Tagen ihrer Fesseln befreiten nahmen meist alsbald die horizontale Lage an; die erst später gelösten neigten sich ebenfalls, wenn auch in geringerem Grade; aber auch die zuletzt, nach zehn bis zwölf Tagen befreiten zeigten noch Spannung, und bewegten sich mehr oder

weniger abwärts. — In keinem Falle war am Stiel in Folge der Dehnung ein gleichseitiges Wachsthum eingetreten, sondern die gleich anfangs gebildeten Querfalten blieben bis zuletzt.

Es ergiebt sich also auch aus dem Resultat dieses Versuches, dass der Einfluss der Schwerkraft bei aufrechter Stellung der Pflanze durch künstliche Mittel nicht aufgehoben werden kann.

Versuche mit Narcissus poeticus.

Die Bewegungen, welche die Blüthenstiele von N. poeticus ausführen, gleichen in allen wesentlichen Zügen den bei N. Pseudo-Narcissus beobachteten.

Auf eine eingehende Besprechung der morphologischen Verhältnisse von N. poeticus kann hier verzichtet werden. Erinnert sei bloss daran, dass die Nebenkrone eine nur geringe Entwickelung erfährt, und das Perigon eine radförmige Gestalt besitzt. Die Perigonröhre ist lang, von überall ziemlich gleichem Durchmesser, gerade oder nur sehr wenig gebogen, und desshalb zu Winkelmessungen vorzüglich zu verwerthen.

Die Bewegung des Stieles beginnt, während die Knospe noch geschlossen und der Stiel noch sehr kurz, erst einige Millimeter lang ist. Während der Entfaltung der Blüthe aber und später streckt sich der Stiel in seinem unteren Theile beträchtlich in die Länge, so dass er schliesslich eine Länge von 30—40 Mm. erreicht. Dieser untere Theil geht aber in die Krümmung nicht ein; die letztere wird lediglich von dem oberen, unmittelbar vor der Knospe befindlichen Theile ausgeführt, während jener gerade bleibt.

Auch bei dieser Art wurde die Länge der Zellen auf der convexen und concaven Seite der gekrümmten Partie des Blüthenstieles gemessen. Es stellte sich heraus, dass hier die gleichen Verhältnisse obwalten, wie bei der früher besprochenen Art, dass auch hier der Krümmungsprocess wesentlich durch Zellstreckung herbeigeführt wird.

Bezüglich des von der Blüthe durchlaufenen Winkels verhält sich diese Art ähnlich wie N. Pseudo-Narcissus. Die Blüthe bewegt sich um den Krümmungsmittelpunkt abwärts, bis sie einen Neigungswinkel von meistens mehr als 90°, in der Regel gegen 100° und selbst 110° erreicht hat. Dann aber findet — bei verticalem Schaft — eine mehr oder minder grosse Rückwärtsbewegung statt,

bis die Blüthe eine endliche Lage mit einem Neigungswinkel von etwa 80 oder selbst noch weniger Graden erreicht. — Später, bei der Fruchtreife zeigt der Stiel das gleiche Verhalten wie der von N. Pseudo-Narcissus.

Dass die Bewegungen des Blüthenstieles und die endliche Lage der Blüthe durch dieselben Kräfte bedingt werden, welche wir bei der früher besprochenen Art als wirkend erkannt haben, folgt aus einigen Experimenten, welche zu dem Ende angestellt wurden, und hier zunächst eine kurze Besprechung finden sollen.

Zunächst wurde eine Pflanze mit noch jungem, geradem Blüthenstiel in vertical-aufrechter Stellung in einen dunklen Raum gebracht. Es erfolgte die Krümmung ganz so, wie wenn sie unter dem Einfluss des Tageslichtes von Statten geht. Weiter. Eine Pflanze, deren Knospe noch auf einem jungen, völlig geraden Stiele stand, ferner eine solche, bei welcher die Knospe schon einen Neigungswinkel von 67° erreicht hatte, wurden parallel der Drehungsaxe am Klinostat befestigt, und der langsamen Drehung ausgesetzt. — Beide Pflanzen öffneten ihre Knospen, die erstere, während der Stiel gerade blieb, die letztere, während er sich soweit gerade streckte, dass die Blüthe schliesslich nur noch einen Axenwinkel von 16° besass.

Aus den angeführten Versuchen folgt, dass Rectipetalität und Schwerkraft bei den Stielbewegungen der jetzt behandelten Art dieselbe Rolle spielen, welche wir früher bei N. Pseudo-Narcissus beobachtet haben.

Auch die Energie, mit welcher die Bewegung erfolgt, gleicht der dort gefundenen, wie aus folgendem Versuche hervorgeht. — Um die Perigonröhre einer noch geraden Knospe wurde in der in einem früheren Kapitel beschriebenen Art das eine Ende eines Fadens geschlungen, der über eine Rolle lief, und das andere Ende desselben mit 10 Gr. belastet. Die ganze Vorrichtung wurde der Einwirkung des Lichtes entzogen. Trotz der Belastung führte der Stiel seine Krümmung aus, bis die Knospe einen Neigungswinkel von 96° erreicht hatte. Als 90° erreicht waren, betrug die Länge des Hebelarmes 15 Mm., das statische Moment also 150. — Um die Widerstandsfähigkeit des Stieles zu prüfen, wurde jetzt das Gewicht um 10 Gr. vermehrt. Nach kurzer Zeit hatte sich der Neigungswinkel auf 36° verringert, eine Lage, welche die Blüthe fortan beibehielt.

Nachdem auf diese Weise festgestellt war, dass hier im Wesentlichen dieselben Verhältnisse obwalten, denen wir bei N. Pseudo-Narcissus begegneten, wurden noch einige weitere Versuche ausgeführt, welche mit der oben genannten Art des raschen Verlaufes der Blüthezeit halber nicht mehr angestellt werden konnten.

Zunächst handelte es sich nochmals um eine bestimmte Beantwortung der Frage, welchen Effect das einfache Anhängen eines Gewichtes an eine Knospe ausübt, deren Stiel noch gerade ist, oder sich eben zu krümmen beginnt. Beschleunigt das Uebergewicht die bei der Krümmung ausgeführte Bewegung? Und ferner: Wird der Neigungswinkel in Folge dessen grösser?

In den früher dieselbe Frage behandelnden Versuchen wurden Objecte benutzt, deren Blüthen die Bewegung schon völlig oder nahezu völlig ausgeführt hatten. Nunmehr wurden drei, etwa gleich starke, mit noch jungen geraden Blüthenstielen versehene Objecte mit ihren Zwiebeln aus dem Boden gehoben, in lange enge Glascylinder gestellt, deren Boden eine niedrige Wasserschicht führte, und so befestigt, dass die Schäfte vertical nach oben sahen, und sich nicht bewegen konnten. An den Knospen von zwei Exemplaren wurden dicht über dem Fruchtknoten Gewichte befestigt, an der einen 5, an der anderen 10 Gr.; die dritte blieb unbelastet. Alle drei Objecte wurden den gleichen Bedingungen im dunklen Raum ausgesetzt.

Alle drei Stiele führten nun den Krümmungsprocess aus, und zwar alle ziemlich gleich schnell. Die mit 5 Gr. belastete Knospe beschrieb den Bogen um ein Geringes rascher, und senkte sich anfänglich auch ein wenig tiefer, als die beiden anderen; doch war die Differenz nur gering. Die mit 10 Gr. beschwerte und die unbelastete Knospe bewegten sich, wenigstens soweit es mit dem blossen Auge zu verfolgen war, gleich schnell abwärts. Schliesslich nahmen alle drei Blüthen etwa die gleiche Lage an; sie neigten um 8—10° unter die Horizontale hinab. Der Hebelarm, an welchem die Gewichte nunmehr wirkten, hatte eine Länge von 12 Mm. an dem mit 5 Gr. belasteten Exemplar, eine Länge von 10 Mm. an der mit 10 Gr. beschwerten Knospe; woraus sich ein statisches Moment im einen Falle von 80, im anderen von 100 ergiebt.

Aus diesen Versuchen, die nicht weiter wiederholt wurden,

ergiebt sich, zusammengenommen mit den bei N. Pseudo-Narcissus beobachteten Thatsachen, dass die Belastung der Knospe mit einem Uebergewicht innerhalb der bezeichneten, ziemlich weiten Grenzen, wenn überhaupt, dann jedenfalls nur von verschwindend geringem Einfluss auf den Vorgang der Stielkrümmung ist; und dass ebenso wenig die endliche Lage der Blüthe dadurch beeinflusst wird. — Auch diese Experimente beweisen auf's Neue die Richtigkeit der oben hinsichtlich der Bedeutung des Blüthengewichtes für die Stielkrümmung gezogenen Schlüsse.

Ein weiterer Punkt, der noch zu erledigen war, bestand darin, ob die die Bewegungen des Stieles verursachenden Kräfte eine Nachwirkung ausüben. Und damit stand die weitere Frage im Zusammenhang, einer wie langen Dauer es bedürfe, damit der sichtbare Effect einer Kraft auftrete.

Diese Fragen wurden besonders bezüglich der Schwerkraftwirkung in folgender Art beantwortet. Ich wählte zwei normal entwickelte Objecte aus, deren Schäfte eine bis dahin verticale Lage eingenommen hatten. Von beiden Pflanzen, denen die Blätter bis auf die untersten Theile weggeschnitten waren, wurden der obere Theil des Schaftes und die Knospe sorgfältig gezeichnet; der Neigungswinkel der einen Knospe betrug 70°, der der anderen 76°. — Nachdem Zwiebeln und Wurzeln in Ballen feuchten Fliesspapieres eingeschlagen waren, wurden die Objecte horizontal so auf eine Korkplatte gelegt und auf derselben befestigt, dass die Blüthe bei verticaler Neigungsebene nach oben sah, und der Geotropismus des Schaftes die Bewegungen des Stieles nicht beeinflussen konnte. — In der neuen Lage hörte nun die Schwerkraft auf, im bisherigen Sinne auf die Blüthe zu wirken; sie krümmte den Stiel nicht mehr, sondern ihr Einfluss ging jetzt in entgegengesetzter Richtung dahin, die vorhandene Krümmung wieder auszugleichen, und in gleichem Sinne wirkte die Rectipetalität. Uebte nun die Schwerkraft aus der früheren Lage der Pflanze noch eine Nachwirkung aus, so musste sich diese darin zeigen, dass die Blüthe in der neuen Stellung der Pflanze die in der früheren Lage begonnene Bewegung noch eine Weile im gleichen Sinne fortsetzte. — Dass dies geschehen würde, schloss ich mit Bestimmtheit aus früher gemachten Beobachtungen, allein mir fehlten noch die genaueren Messungen, die nunmehr an diesem sehr geeigneten Object ausgeführt wurden.

Da es sich hier um genauere Messungen handelte, so sei bemerkt, dass die beiden Objecte alle zwei oder drei Stunden in der im Eingang beschriebenen Art möglichst sorgfältig gezeichnet wurden. Den einen Schenkel des Axenwinkels stellte die unschwer zu bestimmende Verlängerung der Längsaxe des schmalen geraden Schaftes dar, den anderen in gewohnter Art die Längsaxe der Knospe. Bei der einen der letzteren war die Bestimmung der Axe ebenfalls leicht, da dieselbe eine lange völlig gerade Perigonröhre besass; bei der anderen dagegen war diese schwach gebogen. Um hier die gerade Linie zu erhalten, wurden die Mitten der Durchschnitte der Perigonröhre unmittelbar über dem Fruchtknoten und dann vor den Ansatzstellen der übrigens während der ganzen Dauer des Versuches geschlossenen Perigonzipfel bestimmt, und diese Punkte durch eine gerade Linie verbunden. — Dass dieses Verfahren auch bei der grössten Sorgfalt kleine Fehler nicht ausschloss, bedarf kaum der Erwähnung; allein diese Fehler kamen gegenüber den, wie man gleich sehen wird, grossen Ausschlägen gar nicht in Betracht.

Der Versuch wurde am 25. April Mittags 12 Uhr eingeleitet; die Zimmertemperatur schwankte während seiner Dauer zwischen 14° und 18° C.

In der That setzten nun die Knospen die begonnenen Bewegungen im gleichen Sinne fort, und zwar durchliefen beide je 22 Bogengrade. Als sie der Verticalen nahe kamen, wurden die Korkplatten schwach abwärts geneigt, sodass die Knospen die Senkrechte nicht erreichen konnten. Der erwähnte Winkel war von der einen Knospe bis Abends 10 Uhr, von der anderen bis 8 Uhr durchlaufen. Nun stand die Bewegung zunächst still, um später in die entgegengesetzte überzugehen. Bald nach 11 Uhr, als die letzte Beobachtung gemacht wurde, war noch keine Veränderung wahrzunehmen. Bis zum folgenden Morgen um 8 Uhr war von der einen Knospe, deren ursprünglicher Axenwinkel von 70° sich also auf 92° vergrössert hatte, rückwärts ein Bogen von 14° durchlaufen, der sich bis Abends 10 Uhr um weitere 26° vergrösserte. Von da an bis zum folgenden Morgen, des 27. April, 9 Uhr wurden noch weitere 25° zurückgelegt, sodass der jetzt erreichte Axenwinkel 27° betrug. — Nunmehr wurde die Pflanze wieder aus der horizontalen in die vertical-aufrechte Lage zurückgebracht, und in dieser befestigt. Trotz der jetzt veränderten

Wirkung der Schwerkraft bewegte sich die Blüthe in dem früheren Sinne, d. h. jetzt aufwärts, weiter; und wich Abends um 10 Uhr nur noch um 7° von der Verticalen ab. Diese war erreicht, als um Mitternacht die letzte Beobachtung gemacht wurde. Am folgenden Morgen war sie überschritten, und gegen Mittag des 28. April ein dem früheren entgegengesetzter Neigungswinkel von 37° erreicht, der sich bis Abends 8 Uhr noch um 28° vergrösserte. Diese Lage nahm die Knospe auch noch am 29. April Morgens 9 Uhr ein. — Nun wurde die Pflanze in die horizontale Lage zurück versetzt, und zwar wieder derart, dass bei verticaler Neigungsebene die Knospe nach oben sah. Sehr langsam veränderte jetzt die letztere ihre Stellung; nach und nach durchlief sie rückwärts einen Bogen von 30°, um dann still zu stehen, und in dieser Lage aufzublühen. Bis zum 3. Mai war keine Veränderung eingetreten; dann wurde die Pflanze wieder in die normale, vertical-aufrechte Stellung gebracht. Auch in dieser behielt sie längere Zeit die zuletzt gewonnene Lage bei, dann senkte sie sich ein wenig, stand wieder still, um sich endlich noch einmal zu krümmen, und dadurch in die horizontale Lage zu gelangen.

Aehnlich verhielt sich das zweite Object. Wie erwähnt, besass dasselbe einen Neigungswinkel von anfänglich 76°. Als der Schaft unter die Horizontale schwach abwärts geneigt gelegt war, bewegte sich die Knospe in der begonnenen Art noch um 22° weiter. Nachdem dieser Winkel bis 8 Uhr Abends durchlaufen war, erfolgte zunächst Stillstand, und später Rückwärtsbewegung. Am folgenden Morgen um 9 Uhr betrug der zurückgelegte Bogen 25°, bis Abends 10 Uhr desselben Tages weitere 30°, und von da bis zum nächstfolgenden Morgen 9 Uhr, des 27. April, noch einmal 30°. Der Axenwinkel betrug jetzt 13°. — Nun wurde die Pflanze in die vertical-aufrechte Lage gebracht, und in dieser befestigt. Langsam setzte die Knospe die in der früheren Stellung begonnene Bewegung fort; Abends 10 Uhr war die Verticale nahezu erreicht, um Mitternacht passirt. Am folgenden Tage gegen Mittag war sie schon um 47° abwärts geneigt. Dabei hatte sich eine Torsion des Stieles eingestellt, in Folge deren die Knospe nicht in der gleichen Neigungsebene geblieben war, sondern einen Winkel von 50° mit derselben bildete. Bis spät Abends durchlief die Knospe nur noch den kleinen Winkel von 7°, um dann still zu stehen. — Am nächsten Tage, den

29. April, wurde die Pflanze wieder in die horizontale Lage mit nach oben sehender Knospe übergeführt. Die geringe Rückbewegung, welche erfolgte, betrug 10°, dann erfolgte Stillstand. Bis zum 3. Mai wurde keine Aenderung des Winkels wahrgenommen, während sich die Blüthe inzwischen geöffnet hatte. Als dann die Pflanze wieder vertical-aufrecht gestellt wurde, trat zunächst eine geringe Abwärtsbewegung und dann für längere Zeit Stillstand, endlich aber noch einmal eine Senkung ein, in Folge deren auch diese Blüthe in fast horizontale Lage gelangte.

Aus den angeführten Versuchen, die zu vervielfältigen nicht nothwendig erschien, folgt zur Evidenz, dass die beiden Kräfte, Schwere und Rectipetalität, eine Nachwirkung ausüben. Ich nenne auch den letzteren Factor mit, obschon für diesen nicht mit absoluter Sicherheit der Beweis gegeben ist. Man könnte sich nämlich auch vorstellen, dass bei den verschiedenen Lagen, in die wir Schaft und Blüthe gebracht haben, die Schwerkraft allein eine Nachwirkung verursacht hätte; und es hätte sollen, was ja bei veränderter Lage des Schaftes unschwer möglich gewesen wäre, die Nachwirkung der Rectipetalität für sich nachgewiesen werden. Der betreffende Versuch ist wegen überhäufter, anderweitiger Beschäftigung bis jetzt unterblieben, und in der Folge noch anzustellen. Doch darf man als höchst wahrscheinlich betrachten, dass das, was für den Einfluss der Schwerkraft nachgewiesen wurde, auch für Rectipetalität und Licht Geltung hat.

Es ergiebt sich sonach, dass der Einfluss einer Kraft eine gewisse Zeit dauern muss, ehe er sich in Wirkung äussert, und die Bewegung eintritt. Hat diese Wirkung aber einmal begonnen, so setzt sie sich auch dann noch fort, wenn der Einfluss der Kraft schon aufgehört hat, oder selbst in den entgegengesetzten übergegangen ist. Im letzteren Falle, der in unserem Experiment wiederholt herbeigeführt wurde, dauert die Nachwirkung natürlich nur so lange, als die entgegengesetzte Wirkung derselben Kraft nicht die gleiche Grösse erlangt hat. Ist dies geschehen, dann erfolgt zunächst Stillstand, und bei weiterer Einwirkung der Kraft in der neuen Richtung eine Bewegung, welche der früheren entgegengesetzt ist. — Wir können die Wirkung einer Kraft auffassen als eine Summe von Anstössen, welche auf die Plasmakörper der Zellen des Complexes ausgeübt werden, und im Stiel später Vorgänge auslösen, die als Bewegung sichtbar werden. Um die

letztere herbeizuführen, bedarf es jedoch zahlreicher Anstösse während längerer Zeit; eine geringere Zahl bleibt, wenigstens für die äusserliche Beobachtung, wirkungslos. Ist aber das Spiel der Bewegung einmal ausgelöst, dann wirken jene Anstösse auch noch längere oder kürzere Zeit fort, wenn keine neuen im gleichen Sinne mehr erfolgen, oder wenn selbst schon ein entgegengesetzter Einfluss sich geltend macht.

Dass nach dieser Vorstellung jede durch den Einfluss einer Kraft hervorgerufene Bewegung der uns hier beschäftigenden Art langsam beginnen und dann allmälig wachsen muss, bis ein Maximum der Geschwindigkeit erreicht ist, von dem aus sie bei Abnahme der Kraft allmälig schwächer wird, und endlich auf 0 herabsinkt: versteht sich von selbst. — In der That ergiebt sich aus den beiden Zahlenreihen, welche meine Beobachtungen lieferten, die hier aber nicht im Einzelnen mitgetheilt werden sollen, dass die Bewegung stets in der Weise erfolgt, wie es die oben erwähnte Anschauung erfordert. Die Geschwindigkeit der Bewegung lässt sich jedesmal durch eine Curve darstellen, welche, von kleinen Störungen abgesehen, ein Maximum und zwei Minima hat, die natürlich je nach der Grösse der wirkenden Kräfte und der Textur des Gewebes mehr oder minder weit von einander entfernt liegen.

In unseren vorhin beschriebenen Fällen dauerte die Nachwirkung der Schwerkraft acht bis zehn Stunden, während welcher Zeit die gleiche Kraft und die Rectipetalität ununterbrochen im entgegengesetzten Sinne thätig waren. Erst dann erfolgte Stillstand, und später Bewegung in der Richtung der jetzt wirkenden Kräfte. — In beiden Fällen passirten die Knospen unter dem Einfluss einer Nachwirkung die Verticale, auch jetzt gegen den directen Einfluss der Schwerkraft; im einen Falle wurden dabei bis zur Verticalen 13°, im anderen sogar 27° durchlaufen — Der Umstand, dass die Abwärtsbewegung der Blüthe auf der der bisherigen Neigung entgegengesetzten Seite erfolgte, beweist, dass die Summe der Anstösse, welche die Schwerkraft während des Durchlaufens jener Bogengrade ausübte, nicht genügend war, um einen Stillstand und eine Rückkehr der Bewegung nach dieser Seite hin zu bewirken; sie erfolgte nach jener Seite, und zwar unter dem Einfluss der vorhandenen Nachwirkung im Bunde mit einer neuen Wirkung, welche die Schwerkraft, nachdem die Verticale passirt war, eben nach jener Seite hin ausübte. — Vielleicht darf

man aber dem Einfluss, den die Schwerkraft während Durchlaufung der 13° resp. 27° ausübte, die Torsion des Stieles zuschreiben, welche im einen Falle sehr beträchtlich, im anderen dagegen kaum merkbar war.

Im Verlauf unserer bisherigen Untersuchungen wurden die Experimente über den Einfluss äusserer und innerer Kräfte auf den Complex von Schaft und Blüthe stets in der Art angestellt, dass der Schaft befestigt war, die Blüthe dagegen frei ihre Bewegungen ausführen konnte. — Es war nun noch die Frage zu beantworten, welche Verhältnisse eintreten würden, wenn umgekehrt der Blüthe eine fixe Lage gegeben, dem Stiel und Schaft oder Theilen des letzteren dagegen freie Bewegung gestattet wird. Werden die letzteren in diesem Falle Stellungen annehmen, welche der Blüthenlage entsprechen, oder sich unabhängig von dieser, und lediglich nach Maassgabe des Einflusses bewegen, den äussere und innere Kräfte auf sie ausüben?

Zur Beantwortung dieser Frage, deren Lösung sich übrigens mit einiger Bestimmtheit voraussehen liess, bot N. poeticus desshalb ein geeigneteres Object dar, als N. Pseudo-Narcissus, weil bei demselben die Blüthenstiele eine grössere Länge erreichen, und Veränderungen daher leichter wahrnehmen lassen. Die Ausführung der Versuche selbst geschah in folgender Weise. Da Schaft und Zwiebel selbstverständlich ihres hohen Gewichtes wegen nicht mit benutzt werden konnten, so fanden nur solche Objecte Verwendung, die, abgesehen von der Blüthe, den Stiel und ein Schaftstück von höchstens 60 Mm. Länge besassen; meistens war das letztere nicht einmal so lang, und in anderen Fällen wurde der Schaft bis zur Ansatzstelle des Stieles gänzlich entfernt. Die Untersuchung ergab, dass, wie nicht wohl anders zu erwarten war, die Länge des Schaftstückes völlig einflusslos auf den Modus der Stielbewegung war. Der hintere Theil jenes Stückes führte, weil schon ganz oder nahezu ausgewachsen, keine oder höchst unbedeutende Krümmungen aus, und der wichtigste Einfluss, wenn ein solcher überhaupt vorhanden war, bestand jedenfalls darin, dass dem Stiel von dem Schaftstück aus Nahrung zugeführt wurde.

Zunächst wurden Knospen, deren Krümmung schon vollständig ausgeführt war, horizontal so befestigt, dass der Stiel nach unten sah, also seine einstige normale Lage einnahm. Die Korkplatte mit den Objecten wurde in einen dunkeln, wasserdampf-

haltigen Raum gebracht, und Stiel und Knospe von Zeit zu Zeit bespritzt. — Es stellte sich nun heraus, dass die Stiele ihre Krümmung nicht beibehielten, sondern sich soweit gerade streckten, bis sie etwa die directe Verlängerung der Blüthe nach hinten darstellten; dabei beschrieben sie im basalen Theile eine schwache Krümmung nach oben.

Nun wurden die Blüthen mit schon gänzlich gekrümmten Stielen wieder horizontal befestigt, jedoch derart, dass der Stiel nach oben gerichtet war. Auch jetzt behielt derselbe seine Lage nicht bei, sondern streckte sich wieder, bewegte sich dieses Mal also abwärts. Jedoch wurde die Geradstreckung in diesem Falle nicht erreicht, sondern der Stiel durchlief abwärts nur einen Winkel von etwa 40°.

Weiter wurden Knospen mit gekrümmten Stielen so fixirt, dass die ersteren senkrecht nach unten sahen, die Stiele also eine horizontale Lage einnahmen. Es fand nunmehr eine fast oder ganz vollständige Geradstreckung der letzteren statt, sodass sie senkrecht nach oben gerichtet waren. Wurde endlich die Knospe horizontal so festgespiesst, dass die Neigungsebene derselben ebenfalls horizontal gerichtet war, dann glich sich die Krümmung des Stieles mehr oder weniger aus, und es fand dabei gleichzeitig eine schwache Bewegung nach oben statt.

Die weiteren Versuche, welche in dieser Art angestellt wurden, brauchen nicht beschrieben zu werden; ebenso verzichte ich auf die genaue Angabe der durchlaufenen Winkel, welche in derselben Weise gemessen wurden, wie es in den früher besprochenen Versuchen geschah.

Die sämmtlichen oben angeführten Stielbewegungen lassen sich in einfachster Weise als combinirte Wirkungen von Rectipetalität und Schwerkraft auffassen. — Sah bei horizontaler Lage der Blüthe der Stiel nach unten, so wirkten die beiden Kräfte so lange in gleichem Sinne, bis die Horizontale erreicht war; wäre der negative Geotropismus des basalen Stieltheiles erheblich stärker gewesen, als die Rectipetalität, so würde die Aufwärtsbewegung des Stieles noch weiter gegangen sein; da dies aber nicht der Fall war, so wurde nur die horizontale Stellung desselben und eine geringe Aufwärtskrümmung erreicht. — War dagegen bei horizontaler Knospenlage der Stiel nach oben gerichtet, so wirkten Schwerkraft und Rectipetalität einander entgegen; die erstere suchte den Stiel

in der ihm gegebenen Lage zu halten, die letztere ihn gerade zu strecken. Daraus entstand eine resultirende Wirkung, unter der die Blüthe einen Winkel von etwa 40° durchlief, und dann stillstand. — Ebenso folgen alle übrigen vorhin angegebenen Bewegungen des Stieles aus dem Zusammenwirken der beiden Kräfte in so einfacher Weise, dass eine nähere Auseinandersetzung nicht nöthig erscheint.

Dass in dem Complex von Blüthe und Stiel die Rectipetalität noch vollständig vorhanden war, lehrte auch folgender Versuch. Es wurden solche Objecte am Klinostat mit den Knospen so festgespiesst, dass nur der Stiel sich frei bewegen konnte, und dann der langsamen Drehung ausgesetzt. Die Stiele streckten sich nunmehr gerade, wie in denjenigen Fällen, in welchen der Schaft befestigt, die Blüthe dagegen frei gelassen wurde.

Aus der angeführten Thatsache ergiebt sich, dass es für das Verhalten des Stieles gegenüber äusseren und inneren Einflüssen gleichbedeutend ist, ob der Schaft befestigt ist und die Blüthe sich frei bewegen kann, oder ob umgekehrt die letztere eine fixe Lage hat, während dem Schafte freie Bewegung gestattet ist.

Versuche mit Agapanthus umbellatus.

Ein interessantes Beispiel von Transversal-Geotropismus bieten uns die Blüthen von Agapanthus umbellatus dar. Dieselben stehen bekanntlich in einer reichen Dolde zusammen, welche etwa halbkugelförmigen Umriss hat. Die geraden Blüthenstiele strahlen radienförmig von der Ansatzstelle aus; die unteren haben horizontale oder schwach abwärts geneigte Stellung, die oberen nehmen jeden beliebigen Winkel mit der Verticalen an. Die Länge der Stiele ist wechselnd, differirt jedoch innerhalb verhältnissmässig enger Grenzen.

Auf diesen Stielen nun stehen die Blüthen so, dass ihre Längsaxen eine etwa horizontale Lage besitzen. Auf den nach oben gerichteten Stielen beträgt der Axenwinkel 90° oder etwas weniger; an den geneigten Stielen ist der genannte Winkel kleiner, und zwar um so kleiner, je grösser die Neigung ist. Die Längsaxen der Blüthen auf den unteren horizontal gerichteten Stielen endlich bilden mit diesen eine ungefähr gerade Linie. —

Die Blüthen sind schwach zygomorph ausgebildet; die Symmetrie-Ebene steht vertical, und der die Andeutung einer Lippenbildung zeigende Theil des Perigons ist stets nach unten gerichtet.

An den Stielen, welche zum Zwecke der Horizontal-Stellung der Blüthen eine Krümmung erfahren, geschieht die letztere auf sehr kurzer Strecke unmittelbar vor der Blüthe. Es gewährt manchmal den Anschein, als sei auf der Oberseite der Krümmung ein kurzes, keilförmiges, polsterartiges Stück zwischen Blüthe und Stiel eingeschoben und dadurch die Beugung bedingt.

Die gerade, straffe Haltung der Blüthenstiele beruht, wenigstens der Hauptsache nach, auf Rectipetalität. Diese ist zwar in allen Altersstadien des Stieles vorhanden, jedoch nicht immer in gleicher Stärke ausgebildet. — In der Jugend, so lange die Stiele noch weich und biegsam sind, besitzen sie negativen Geotropismus. In Folge dessen sind die mittleren des Blüthenstandes gerade nach oben gerichtet; die seitlich entspringenden zeigen je nach ihrem Ort mehr oder minder starke Aufwärtskrümmung; die äussersten endlich haben ein basales gerades Stück, und einen mittleren oder vorderen Theil, der in einem scharfen Bogen nach oben gekrümmt ist. Die sämmtlichen Knospen sehen in diesem Alter also senkrecht nach oben, der ganze Blüthenstand hat eine annähernd candelaberartige Gestalt (Taf. II, Fig. 3). — Beim ersten Anblick könnte es scheinen, als besässen zu dieser Zeit die Stiele keine Spur von Rectipetalität; und doch ist dieselbe, wie ein einfacher Versuch lehrt, in sehr merkbarer Weise vorhanden. Schneidet man nämlich solche junge Blüthenstände von der Pflanze ab, befestigt sie in geeigneter Art an der horizontalen Axe des Klinostats, und versetzt sie in langsame Drehung, so strecken sich nach kurzer Zeit die sämmtlichen gekrümmten Stiele gerade, bis sie radienförmig nach allen Richtungen von der Axe abstehen. — Bringt man den Blüthenstand nun in die normale aufrechte Lage zurück, so tritt bald wieder Aufwärtskrümmung ein, derart, dass nach einiger Zeit alle Knospen, wie vor Beginn des Versuches, nach oben gerichtet sind.

Aus dem Resultat dieses Experimentes folgt, dass die jungen Stiele zwar Rectipetalität besitzen, dass diese aber von dem ebenfalls vorhandenen negativen Geotropismus überwunden wird. — Später dagegen, mit fortschreitender Entwickelung von Stiel und Knospe, streckt sich der erstere mehr und mehr gerade, bis

schliesslich selbst an den horizontal gerichteten keine oder nur sehr schwache Aufwärtskrümmung mehr vorhanden ist.

Wie diese Streckung zu Stande kommt, lässt sich mit Bestimmtheit nicht sagen. Man könnte sich vorstellen, dass die Rectipetalität ihre anfängliche Stärke behielte, der negative Geotropismus dagegen mit der allmäligen Erstarkung des Stieles abnähme, bis er schliesslich sehr gering würde oder selbst ganz schwände. — Oder es liesse sich denken, dass derselbe vorhanden bliebe, dass aber die Rectipetalität so weit zunähme, dass sie den Einfluss der Schwerkraft überwände, und den Stiel schliesslich gerade streckte. — Welche von diesen Vorstellungen richtig ist, oder der Wahrheit am nächsten kommt, bleibt dahin gestellt; sicher ist nur das Eine, dass die Streckung des Stieles durch Rectipetalität verursacht wird.

Was die Blüthen anlangt, deren Lage, wie oben erwähnt, weniger durch das Verhalten des ganzes Stieles, als vielmehr nur eines sehr kleinen Stückes desselben bedingt wird, und somit besonders zu behandeln ist, so lehrt uns der vorhin besprochene Versuch, dass sie in der Jugend, in den früheren Knospenstadien, negativ geotropisch sind, während sie kurz vor dem Aufblühen und während der Blüthezeit Transversal-Geotropismus zeigen.

Dass der letztere wirklich vorhanden ist, folgt schon mit höchster Wahrscheinlichkeit aus der oben angegebenen Lage der Blüthen, die sich als Lichtwirkung unmöglich auffassen lässt. Um aber noch sicherer zu gehen, wurden junge Blüthenstände, deren Blüthen dem Oeffnen nahe waren, so befestigt, dass die Hauptaxe eine horizontale oder abwärts geneigte Lage erhielt. Wie erwartet, ergab sich nun, dass die Blüthen aller derjenigen Stiele, welche wagerecht standen, oder mehr oder weniger aufwärts geneigt waren, eine horizontale Lage annahmen; dass dagegen die Längsaxen der Blüthen auf den abwärts geneigten Stielen mit diesen eine annähernd gerade Linie bildeten. Hin und wieder kam eine schwache Aufwärtskrümmung der Blüthen, und ebenso eine geringe nach oben gerichtete Beugung des Stieles vor, allein diese traten gänzlich zurück hinter den Effect derjenigen Einflüsse, welche auf Geradstreckung des Stieles hinarbeiteten.

Wir dürfen sonach annehmen, dass bei Agapanthus dieselben Verhältnisse obwalten, welche wir bei Narcissus vorfanden. Hat der Stiel eine beliebige Neigung im oberen Quadranten, so stellt

sich die Blüthe unter dem Einfluss von Schwerkraft und Rectipetalität horizontal; ist dagegen der Stiel in einem beliebigen Winkel abwärts geneigt, so kommt die Rectipetalität allein zur Geltung, während die Schwerkraft einflusslos ist. — Die geringe Aufwärtskrümmung, welche, wie erwähnt, an manchen durch den Versuch nach unten gerichteten Blüthen zu beobachten ist, darf man nach früheren Untersuchungen wohl als eine Folge des Lichteinflusses auffassen.

Agapanthus umbellatus bietet uns sonach den interessanten Fall dar, in welchem jeder Blüthenstand die verschiedensten Lagen der Stiele innerhalb der oberen Quadranten aufweist, und demnach die combinirte Wirkung von Rectipetalität und Schwerkraft auf die Lage der Blüthe in allen Stufen zu beobachten ist.

Allein damit erlischt das Interesse noch nicht, sondern es kommt noch ein weiterer Umstand hinzu, der ebenfalls Beachtung verdient; dieser besteht in der Lage der Frucht. — Hat während der Blüthe eine Befruchtung stattgefunden, so schwillt der Fruchtknoten beträchtlich an, und stellt schliesslich ein umfangreiches Gebilde dar. Während sich dasselbe entwickelt, erfährt der Stiel, und zwar wieder unmittelbar vor der Frucht auf der früher erwähnten kurzen Strecke eine scharfe Abwärtskrümmung, in Folge deren die Frucht senkrecht oder stark geneigt nach unten schaut, das erstere an horizontalen oder erheblich geneigten Stielen, das letztere an solchen mit ganz oder nahezu aufrechter Stellung. — Die fragliche Krümmung des Fruchtstieles kann ich nur auffassen als eine Erscheinung von positivem Geotropismus, obwohl man sonst versucht sein könnte, sie auf die Belastung durch das Fruchtgewicht zurückzuführen. Was mich in meiner Ansicht bestätigt, ist erstens der hohe Widerstand, welchen der gekrümmte Stiel dem Versuche entgegensetzt, ihn gewaltsam gerade zu strecken; zweitens die früher experimentell festgestellte Thatsache, dass selbst ein bedeutendes Blüthengewicht bei dem Krümmungsprocess des Stieles keineswegs direct eine Rolle spielt; dass vielmehr die Beugung ein mit hohem Kraftaufwande stattfindender activer Vorgang ist.

Ist diese Auffassung aber, wie kaum zu bezweifeln, richtig, dann bietet uns Agapanthus umbellatus die auffallende Erscheinung dar, dass die junge Knospe ein negativ, die Blüthe ein horizontal und die Frucht endlich ein positiv geotropisches Organ darstellt.

Versuche mit Hemerocallis flava.

Die Blüthen dieser Pflanze bilden mit der Verticalen einen Neigungswinkel, der zwischen 40° und 60° schwankt, manchmal aber selbst 90° erreicht. Diese Neigung wird in erster Linie durch die Krümmung des kurzen Stieles der Blüthe, sodann aber auch durch die Stellung derselben an der meist geneigten Scheinaxe bedingt. In wieder anderen Fällen erfährt auch die Perigonröhre in ihrem hinteren Theile eine Krümmung. — Anfänglich ist die Knospe gerade nach oben gerichtet; dann, einige Zeit vor dem Aufblühen, neigt sie sich und entfaltet sich nun. Geht eine Krümmung des Perigons vor sich, so geschieht auch diese erst in späterem Stadium, kurz vor dem Oeffnen der Blüthe.

Um über die Ursache der Krümmung der Blüthenstiele Klarheit zu erlangen, wurden mehrere geeignete Blüthenstände mit Knospen, welche die Krümmung schon ausgeführt hatten, ihren Umrissen nach in gewohnter Art gezeichnet, dann an der horizontalen Axe des Klinostats befestigt, und mit dieser im dunklen Raum der Drehung ausgesetzt. Nachdem die Blüthenstände so lange unter diesen Bedingungen verweilt hatten, bis die Blüthen dem Verblühen nahe waren, wurden sie aus dem Apparat genommen, mit der Zeichnung verglichen, und die Umrisse von Neuem angedeutet. Es fand sich, dass fast sämmtliche Blüthen ihre anfängliche Lage beibehalten hatten. Nur zwei Ausnahmen wurden wahrgenommen; eine Blüthe hatte sich um ein Geringes stärker gekrümmt, eine andere sich, und zwar ebenfalls nur sehr unbedeutend, gestreckt. — Aus diesen Thatsachen folgt, dass die gekrümmten Stiele nicht die Fähigkeit haben, sich gerade zu strecken, wenn sie dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft entzogen werden; sie besitzen also in diesem Alter keine Rectipetalität mehr, oder, wenn die letztere vorhanden, dann ist sie so gering, dass sie gegenüber den hemmenden Bedingungen nicht zur Geltung gelangt. — Doch hat das Experiment keinerlei Aufschluss gegeben über die Ursache der Krümmung, und um in diese einen Einblick zu erlangen, musste noch ein weiterer Versuch angestellt werden.

Es waren nämlich noch Blüthenstände mit jungen, auf geraden Stielen stehenden Knospen der Drehung auszusetzen. An ihnen musste sich zeigen, ob die Stielkrümmung ein spontaner oder

durch die Schwerkraft bedingter Vorgang sei. Der Versuch wurde angestellt; es zeigte sich, dass die Stiele gerade blieben, während die Blüthen sich normal öffneten.

Aus diesem und dem vorhin besprochenen Ergebniss folgt, dass die Krümmung des Blüthenstieles durch die einseitige Wirkung der Schwerkraft bedingt wird; dass aber eine vorhandene Krümmung nach Aufhebung dieses einseitigen Einflusses durch Rectipetalität nicht wieder ausgeglichen wird. — Die Blüthe von Hemerocallis flava kann man demnach horizontal-geotropisch nennen, wenn man den mit diesem Worte verbundenen Begriff auch auf solche Fälle ausdehnt, in denen normal nur ein Neigungswinkel erreicht wird, der nicht unbeträchtlich kleiner als ein rechter ist. — Ob nun die Schwerkraft gerade dahin wirkt, dass der fragliche Neigungswinkel eingenommen werde, der letztere also der geotropische Grenzwinkel ist, oder ob ihr Einfluss vielmehr dahin geht, die Blüthe horizontal zu stellen, ein Bestreben, an dessen Ausführung sie jedoch durch innere oder vielleicht auch äussere Hemmnisse verhindert wird, vermag ich zur Zeit nicht zu sagen.

Versuche mit Papaver.

Nachdem wir im Vorstehenden einige Fälle von Blüthen studirt haben, welche eine transversal-geotropische Stellung annehmen, wenden wir uns nunmehr zur Untersuchung positiv geotropisch gekrümmter Blüthenstiele.

Als erstes Beispiel soll die Gattung Papaver dienen, und zwar beziehen sich die im Nachfolgenden zu besprechenden Experimente in erster Linie auf P. Rhoeas, sodann auf P. Lecocqii, dubium, somniferum, orientale, umbrosum und noch einige andere Arten.

Alle diese Arten zeigen übereinstimmend folgendes Verhalten. Die Blüthenknospe ist in den jüngsten Altersstadien senkrecht nach oben gerichtet; allein schon bald erfährt der Stiel ein einseitig stärkeres Längenwachsthum, in Folge dessen die Knospe vertical nach unten sieht. (Fig. 6.) Der Modus dieser Stielkrümmung zeigt geringe Verschiedenheiten. Bald erfährt der basale Theil des Stieles gleich von der Ansatzstelle an eine sehr energische Abwärtskrümmung, bald beginnt die Beugung erst in etwas höherer

Region des Stieles, während ein kurzes basales Stück gerade bleibt.

Stellt die Blüthe das Ende einer aufrechten Axe dar, so kann die Nutation nach jeder beliebigen Richtung stattfinden; ist sie dagegen ein Seitenspross, dann erfährt gewöhnlich die der Mutteraxe zugewandte Seite des Stieles das stärkere Längenwachsthum, die Krümmung ist also (im Sinne der Mutteraxe) nach auswärts gerichtet. Daneben kommt es aber auch häufig vor, dass die Krümmung nicht, wie in diesem Falle, in der Medianebene stattfindet, sondern beliebig weit aus derselben heraustritt; so steht sie nicht selten senkrecht auf ihr.

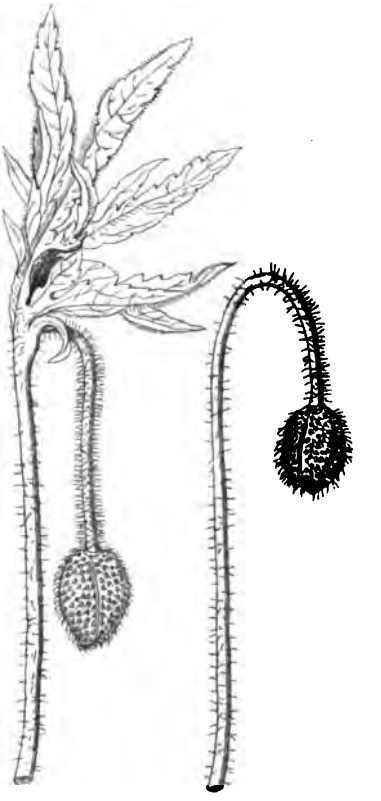


Fig. 6.

In der bezeichneten Lage wächst der Stiel nun rasch in die Länge. Specielle Beobachtungen über den Gang des Wachsthums, über die Intensität desselben an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten, habe ich nicht angestellt. Doch ergaben wiederholt gelegentlich ausgeführte Messungen vermittelst an den Stiel angebrachter Marken, dass der letztere anfänglich beständig und seiner ganzen Länge nach wächst, dass die Intensität des Wachsthums jedoch im basalen Theile am höchsten ist. Bei fortschreitender Entwickelung verändert sich nach und nach der Sitz des intensivsten Längenwachsthums; es schreitet nach dem mittleren Theile und weiterhin nach der Spitze des Stieles fort, während es von der Basis aus schwächer wird und endlich gänzlich erlischt. Dafür erstarkt hier der Stiel zuerst, und auch dieser Erstarkungsprocess schreitet allmälig von der Basis nach der Spitze fort.

Kehren wir jetzt zu unserem jungen, eben gekrümmten Stiele

zurück. Während des energischen Streckungsprocesses richtet sich derselbe in seinem basalen Theile allmälig auf; die Krümmung ergreift fortschreitend nach und nach die früher abwärts gerichteten Partieen, ein Vorgang, bei welchem sich der anfänglich meist sehr enge Bogen, und zwar manchmal beträchtlich, erweitert. Allmälig wird das aufrechte Stück des Stieles immer länger, die Krümmung mehr und mehr auf die apicalen Theile beschränkt; bis endlich unmittelbar vor dem Aufblühen der Stiel sich völlig gerade streckt, sodass die Knospe oder Blüthe nunmehr wieder, wie ursprünglich, senkrecht nach oben sieht. Bei warmem Wetter vollzieht sich der letztgenannte Process meistens in einer einzigen Nacht. Ganz allgemein beobachtete ich dabei, dass die Krümmung nicht, um mich so auszudrücken, allmälig bis zur Knospe fortschreitet, sondern dass das letzte kurze, bis dahin abwärts gerichtete gerade Stück des Stieles gerade bleibt, und so bei Ausgleichung der Krümmung emporgehoben wird.

Fasst man den ganzen eben beschriebenen Vorgang in's Auge, so ergiebt sich also, dass bei dem Weiterschreiten der Krümmung stets erst die eine Seite stärker wächst, und dadurch die Krümmung bedingt, dass dann die entgegengesetzte Seite das erhöhte Wachsthum erfährt, und dadurch die Geradstreckung verursacht.

Der basale aufgerichtete Theil des Stieles ist energisch negativ geotropisch. Bringt man denselben aus seiner normalen Lage, indem man ihm z. B. eine mehr oder weniger aufwärts geneigte Stellung giebt, so krümmt er sich, und zwar bei genügend hoher Temperatur schon in wenigen Stunden, bis er wieder senkrecht nach oben gerichtet ist.

Der Stiel ist ferner positiv heliotropisch. Am besten lässt sich dies zeigen, wenn man ganze Pflanzen oder grössere abgeschnittene Zweige mit nickenden Knospen in einen Kasten mit einseitiger Glaswand stellt, so zwar, dass die Knospen der geschwärzten Hinterwand des Kastens zugekehrt sind. Es findet dann eine Torsion der Stiele statt, die häufig so weit geht, dass die Knospen einen Bogen von 180° durchlaufen, und sich gänzlich dem einfallenden Lichte zuwenden. Ueber die Einzelheiten dieses Vorganges aber, die mir nicht sehr einfach zu sein scheinen, bin ich nicht unterrichtet.

Ist die Aufrichtung der Knospe erfolgt, so entfaltet sie sich. Nach stattgehabter Befruchtung fallen die sämmtlichen Blattgebilde

der Blüthe mit Ausnahme des Fruchtknotens ab; dieser schwillt an, und behält stets die gleiche aufrechte Lage bei.

Unter allen mir bekannt gewordenen Papaver-Arten findet sich nur eine, die ein gänzlich abweichendes Verhalten zeigt. Die Knospen des grossen, wegen seiner prächtig gefärbten rothen Blüthen in den Gärten vielfach cultivirten P. bracteatum krümmen sich niemals nach unten, sondern bleiben von Anfang an bis zum Blühen und nach demselben völlig gerade.

Eine weitere Ausnahme, jedoch nach einer andern Richtung, bietet P. argemonoides [1]) dar. Die Stiele dieser Art verhalten sich bald bezüglich ihrer Nutationen ganz normal, bald krümmen sie sich in verschiedener, oft höchst auffallender Art. Sehr häufig beschreibt der vordere Theil des Stieles eine Schlinge; es erfolgt das erhöhte Längenwachsthum der einen Seite nicht nur so weit, bis die Knospe in die abwärts gerichtete Lage gebracht ist, sondern dasselbe setzt sich weiter fort, bis die Knospe zunächst noch einmal nach oben und weiterhin wieder nach unten schaut. Diese Stellung der Knospe wird jedoch unter allen Umständen erreicht (Taf. I, Fig. 11). — In anderen Fällen bildet der Stiel ebenfalls eine Schlinge, aber in ganz anderer Art. Es verlängert sich nämlich, nachdem die normale Nutation erreicht ist, nicht die äussere convexe, sondern umgekehrt der vordere Theil der inneren, concaven Seite der Krümmung stärker. In Folge dessen wird die Knospe ebenfalls noch einmal im Bogen herumgeführt, jedoch in einer der früheren entgegengesetzten Richtung (Taf. I, Fig. 10). — Zu diesen auffallenden Krümmungen kommen dann häufig noch allerlei Ungleichheiten im Wachsthum der weiter rückwärts liegenden Stieltheile. Ausser den beschriebenen wurde noch eine Reihe weiterer Vorkommnisse, theils einfacher, theils complicirter, beobachtet. Nicht selten fand auch, nachdem anfänglich die Beugung normal stattgefunden, ein ungleiches Längenwachsthum der rechts und links von der Medianebene liegenden Seiten statt, in Folge dessen dann die Krümmungen aus dieser Ebene heraustraten und nun besonders auffallende Bilder darboten. Trotz dieser merkwürdigen Krümmungen aber wurden die Knospen doch stets in die normale Lage gebracht; bis zum Aufblühen sahen sie nach unten, kurz vor diesem richteten sie sich empor. Der Process

[1]) Unter diesem Namen geht die Pflanze im Basler botanischen Garten.

der Aufrichtung selbst fand gewöhnlich in der Art statt, dass die vorhandenen Krümmungen vollständig oder doch der Hauptsache nach ausgeglichen wurden; doch kam es auch vor, dass der hintere Theil der Beugung erhalten blieb, und nur der vordere mit der Knospe sich emporrichtete.

Die eben beschriebenen Abweichungen wurden an den während zweier Jahre gemachten Aussaaten häufig beobachtet, und scheinen sonach bei der genannten Art eine gewisse Constanz erlangt zu haben. — Bemerkt sei übrigens hierbei, dass ich ähnliche Verhältnisse gelegentlich, wenn auch sehr selten, an den Individuen anderer Arten beobachtet habe.

Wenden wir uns nunmehr zum Studium der Ursachen der vorhin beschriebenen normalen Bewegungen der Blüthenstiele.

Schneidet man einen Spross mit junger Knospe, deren Stiel sich erst kürzlich gekrümmt hat, ab, und kehrt denselben um, so bleibt die Krümmung unverändert; das Gewicht der Knospe verursacht keine oder nur kaum merkbare Aenderung des gebogenen Stieles. Bei gewaltsamer Geradstreckung bietet ein Stiel solchen Alters einen gewissen Widerstand dar. — Macht man den gleichen Versuch mit Stielen und Knospen mittleren Alters, so erweist sich der Stiel relativ nicht mehr so starr; die Krümmung wird theilweise, jedoch in sehr verschiedenem Grade, ausgeglichen; gewöhnlich gleicht der vordere Theil der Gestalt eines mehr oder weniger geneigten α, wobei die Knospe in horizontale oder selbst abwärts geneigte Lage gelangen kann. — Stellt man das Experiment endlich mit Knospen an, welche dem Aufblühen nahe sind, so kann die Krümmung fast völlig ausgeglichen werden.

Zu diesen Versuchen ist jedoch zu bemerken, dass sie ein etwas verschiedenes Resultat geben, je nachdem man Arten oder Varietäten mit dünneren oder robusteren Stielen wählt. Bei Formen mit kräftigen Stielen erweisen sich die letzteren auch in vorgeschritteneren Altersstadien noch verhältnissmässig starr, während sie bei solchen mit langen, schlanken Stielen schon relativ früh nachgiebig und biegsam erscheinen.

Aus den besprochenen einfachen Versuchen ergiebt sich, dass das Verhältniss der Stärke des Stieles zu der durch die Knospe dargestellten Belastung in den verschiedenen Altersperioden desselben ein verschiedenes ist. Anfänglich ist der Stiel relativ stark; nach und nach aber ändert sich das Verhältniss; der vor-

dere Theil des Stieles erscheint der Belastung gegenüber schwächer und nachgiebiger. Welche Rolle nun hierbei der letzteren zukommt, wird sich später genauer ergeben.

Mit dem Obigen stimmt überein, dass, wenn man eine junge Knospe von ihrem erst kürzlich gekrümmten Stiele abschneidet, der letztere seine Lage zunächst unverändert beibehält. Dasselbe geschieht nach der gleichen Operation gewöhnlich auch noch von Stielen mittleren Alters. Schneidet man dagegen ältere Knospen ab, zumal solche, welche der Entfaltung nahe sind, dann hebt sich der Stiel, und manchmal nicht unbeträchtlich, empor. Derselbe befand sich also in einer durch das Gewicht der Knospe verursachten Spannung.

Wir wollen nun das Verhalten der Stiele studiren, wenn sie längere Zeit in vertical-verkehrter Lage verharren. [1]).

Um dies unter sonst günstigen äusseren Bedingungen zu ermöglichen, wurde in folgender Art verfahren. Kräftige, mit Knospen verschiedenen Alters versehene Zweige wurden früh Morgens von den Mutterpflanzen entfernt, verkehrt in grossen in gewohnter Art hergerichteten Glashäfen aufgehängt, und mit diesen verdunkelt. Von Zeit zu Zeit fand während der ganzen Versuchsdauer eine Bespritzung der Objecte statt. — Gleich nach dem Aufhängen traten nun die vorhin beschriebenen Lagenverhältnisse ein, weiterhin aber gestalteten sie sich in folgender Art. Ganz junge Knospen, deren Stiele erst eben die Abwärtskrümmung vollzogen hatten, behielten in den meisten Fällen ihre in der normalen Stellung gewonnene Lage bei; ein Wachsthum liess sich kaum wahrnehmen. Daneben kam es jedoch auch vor, dass die Stiele ein geringes Längenwachsthum erfuhren, und sich dabei in dem vor der Knospe gelegenen Theile mehr oder weniger abwärts krümmten. — Die etwas älteren Stiele, welche schon einen negativ geotropischen basalen Theil besassen, beschrieben mit diesem eine energische Aufwärtskrümmung. Der vordere Theil des Stieles gelangte so wieder in seine ursprüngliche Lage, und das Ganze beschrieb die Form eines stark gebogenen ω. (Taf. I, Fig. 2.) — An älteren Stielen findet die gleiche Bewegung statt, jedoch nur in dem mittleren und apicalen Theile, da ja ein

[1]) Vergl. zu diesen und den folgenden Versuchen: *Frank*, Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1868. S. 54. — Ferner: *H. de Vries*, Arbeiten des Würzburger botanischen Instituts. I, S. 229.

immer länger werdendes basales Stück seine Beweglichkeit verliert, und desshalb senkrecht nach unten sieht. (Taf. I, Fig. 1.) Ist die Knospe schon dem Aufblühen nahe, dann krümmt sich lediglich der vordere Theil des Stieles, und bildet einen nur sehr flachen Bogen. — Beim Entfalten der Blüthe selbst richtet sich dieser Theil senkrecht nach oben, und bildet somit ein hakenförmiges Ende an dem langen, sonst geraden Blüthenstiel.

In allen von mir beobachteten Fällen fand die Krümmung des Stieles aus der ihm anfänglich gegebenen Lage in der Art statt, dass diejenige Seite des einst vertical-aufrechten Stieltheiles das erhöhte Längenwachsthum erfuhr, welche der Knospe zugekehrt war; nie kam das Entgegengesetzte vor, nie beschrieb der Stiel eine Schlinge. Es wirft sich bei Betrachtung dieser Thatsache die Frage auf, warum dieses geschehe, ob etwa aus irgend welchen Gründen jene Seite besonders zum Wachsthum befähigt sei. Aus bald zu besprechenden Versuchen ergiebt sich jedoch, dass das letztere nicht der Fall ist; keine Seite des Stieles ist in der fraglichen Art bevorzugt. Jene Art der Krümmung hat offenbar in Folgendem seine Ursache. Dasjenige Stück des ehemals aufrechten Stieltheiles, welches unmittelbar vor der Krümmung gelegen und noch wachsthumsfähig ist, erfährt in Folge der durch Knospe und vorderen Stieltheil verursachten Belastung eine Dehnung, die, zwar anfänglich passiv, bald in Wachsthum übergeht. Die Dehnung dauert fort, und dem entsprechend das Wachsthum. Jemehr sich der fragliche Stieltheil von der verticalabwärts gerichteten Lage entfernt, um so grösser wird der Einfluss der Schwerkraft, welche mit der Dehnung im gleichen Sinne wirkt. Nach und nach wird der Einfluss der letzteren geringer, während der der Schwerkraft stets wächst, bis endlich die Lage erreicht ist, welche oben beschrieben wurde. — Der eben geschilderte Vorgang liesse sich leicht durch einige geometrische Figuren versinnlichen; da aber die ganze Sache sehr einfach und anschaulich ist, so glaube ich davon Abstand nehmen zu können.

Beobachten wir nunmehr das Verhalten der Stiele, wenn sie in horizontale Lage gebracht werden.

Um diese Stellung zu ermöglichen, kann man in Töpfen gezogene Pflanzen in horizontale Lage bringen und dann verdunkeln; leichter jedoch ist folgendes Verfahren. Grosse Glashäfen oder

Glocken werden mit Fliesspapier ausgekleidet, und dann in der Art fast horizontal gelegt, dass die geschlossene Seite der Gefässe sich ein wenig unter dem Niveau der offenen befindet. Bei dieser Lage der Gefässe kann der Boden des tiefer liegenden Theiles mit einer niedrigen Wasserschicht erfüllt werden, welche das Fliesspapier feucht erhält. In das offene Ende jedes Gefässes werden grosse Korkplatten gelegt, und auf diesen die basalen Stücke der langen Papaver-Zweige so befestigt, dass die ganzen mittleren und vorderen Theile derselben frei in den Raum des Gefässes ragen. Dann wird die Oeffnung des letzteren durch eine Glasplatte geschlossen, und das Ganze, wenn die Bedürfnisse es erfordern, verdunkelt. Befeuchtet man nun die Zweige von Zeit zu Zeit, so führen sie in dem Gefäss alle gewünschten Bewegungen aus.

An den von mir in dieser Art behandelten Zweigen zeigten nun die jüngsten, erst kürzlich gebogenen Blüthenstiele ebenso wenig eine Bewegung, wie in dem zuletzt beschriebenen Falle; alle übrigen dagegen krümmten sich sehr energisch. Allen diesen war gemeinschaftlich, dass stets die nunmehrige Unterseite des einst vertical-aufrechten, noch wachsthumsfähigen Stieltheiles die hinsichtlich der Verlängerung geförderte war. In Folge dessen richtete sich dieser Theil aufwärts, während die Krümmung an der Spitze erhalten blieb. Die Lage dieser Krümmung aber in Beziehung zu dem basalen Stück des Stieles war eine sehr verschiedene. Bei Beginn des Versuches war die Krümmung bald nach unten, bald nach oben gerichtet, bald hatte sie eine horizontale Lage. Der Druck, welcher durch das Gewicht der Knospe und des vorderen Stieltheiles verursacht wurde, wirkte demnach bald in einer übrigens je nach der Lage der Blüthe verschiedenen Weise als einfacher Zug nach unten, bald stellte er ausserdem noch ein tordirendes Moment dar. Der Einfluss dieses Druckes trat jedoch gänzlich zurück hinter den der Schwerkraft, die stets das stärkste Wachsthum der Unterseite hervorrief, und den Stiel einfach aufrichtete, mochte dadurch die Krümmung an der Spitze eine Orientirung erhalten, welche sie wollte. (Vergl. Taf. I, Fig. 3 und 18.) — Diese Thatsache lehrt, dass keine Längsseite des Stieles aus inneren Gründen eine Bevorzugung im Wachsthum erfährt, und dass der Modus des letzteren in dem vorhin besprochenen Experiment lediglich auf der angegebenen äusseren Ursache beruht.

Versuchen wir jetzt die Ursachen klar zu legen, welche die Abwärtskrümmung des Blüthenstieles unter normalen Verhältnissen bedingen.

Um uns zunächst über einen etwa vorhandenen Einfluss der Schwerkraft zu vergewissern, wollen wir Objecte mit gekrümmten Stielen verschiedenen Alters an der horizontalen Axe des Klinostats befestigen, und unter Ausschluss der Lichtwirkung in langsame Drehung versetzen. Es ergiebt sich folgendes Resultat. Die jüngsten, erst seit Kurzem gekrümmten Stiele zeigen auch in diesem Falle in der Regel keine Veränderung; nur selten erfahren sie eine Streckung. In allen folgenden Altersstadien dagegen strecken sie sich sämmtlich mehr oder minder, meist vollständig gerade. Innerhalb der kürzesten Frist geschieht dies an den älteren Stielen, langsamer mit abnehmendem Alter.

Aus diesem Ergebniss folgt, dass die Stiele rectipetal sind, dass die Krümmung derselben unter normalen Bedingungen durch den einseitigen Einfluss der Schwerkraft hervorgerufen wird. Hebt man diesen Einfluss auf, so strecken sich die Stiele gerade.

Es ergiebt sich weiter mit ziemlicher Gewissheit, dass das Gewicht der Blüthe die Krümmung des Stieles nicht bewirkt. Wäre dies der Fall, so müsste der Stiel mit der Knospe am Klinostat schlaff hin und her bewegt werden, und abwechselnd nach verschiedenen Seiten hangen, wie wir es später bei der Blüthe von Galanthus nivalis beobachten werden. Allein dies geschieht nicht, die Stiele strecken sich gerade, wobei sie freilich dem Gewicht der Knospe in allen Lagen um ein Geringes nachgeben, und nie ganz starr stehen. — Wollte man dennoch jene Vorstellung festhalten, dann liesse sich das Verhalten der Objecte am Klinostat nur durch die Annahme erklären, dass in Folge der rotirenden Bewegung die Stiele ihre Schlaffheit verlören und eine festere Textur erhielten, die sie nun befähigte, rectipetal zu werden. — Obschon eine solche Annahme an und für sich wohl einleuchtend wäre, ist ihr doch in diesem Falle die Thatsache nicht günstig, dass die Streckung relativ sehr rasch, an älteren Stielen bei warmem Wetter meistens schon in wenigen Stunden, vor sich geht.

Um jedoch über die Natur der Stielkrümmung grössere Klarheit zu erlangen, stellte ich noch folgenden Versuch an. Eine fest eingewurzelte, im Topf aus Samen gezogene Pflanze mit einer Knospe, die sich eben abwärts krümmen wollte, wurde ins Zimmer

genommen, um die Knospe ein Coconfaden geschlungen, dieser über die Rolle des früher besprochenen Apparates geführt, und sein freies Ende mit einem Gewicht belastet. Der Versuch wurde nur einmal angestellt, und da mir das Missgeschick widerfahren ist, die Versuchsnotiz zu verlieren, so bin ich nicht im Stande, die fraglichen Gewichtszahlen genau anzugeben. Wenn mich mein Gedächtniss nicht täuscht, so war das Gewicht der Knospe und des gekrümmten Stieltheiles 0,07 Gr., das des gezogenen Gewichtes 0,15 Gr., Zahlen, die ich jedoch nur mit allem Vorbehalt gebe. — Trotz dieser Belastung krümmte sich der Stiel mit der Knospe abwärts.

Dieser Versuch nebst dem vorhin angeführten lehrt zur Evidenz, dass die Abwärtskrümmung des Stieles eine Erscheinung von positivem Geotropismus ist. Dass dies der Fall sei, folgt jedoch noch aus weiteren Thatsachen.

Ehe wir zu diesen übergehen, wollen wir die Rectipetalität der Stiele noch etwas weiter untersuchen.

Es ist eben gezeigt worden, dass die Krümmung an der Spitze durch Aufhebung der einseitigen Schwerkraftwirkung ausgeglichen wird. Die Krümmung selbst ist, wie dargethan, eine Erscheinung von positivem Geotropismus. Es fragt sich nun, ob auch jede andere durch die Schwerkraft hervorgerufene Krümmung, z. B. eine negativ geotropische, nach Aufhebung der Wirkung dieser Kraft könne beseitigt werden.

Um diese Frage zu beantworten, verfuhr ich in folgender Art. Kräftige Zweige von P. Rhoeas wurden horizontal im Glashafen befestigt, und zwar in der einfachen Weise, wie sie oben auseinander gesetzt wurde. Die Ausführung des Versuches geschah Morgens an einem sehr warmen Tage, bei 27—30° C. Schon nach drei Stunden war die geotropische Aufwärtskrümmung der Stiele ausgeführt. Nachdem dies geschehen, wurden die Zweige an der horizontalen Axe des Klinostats befestigt, und der Drehung ausgesetzt. — Als nach etwa fünf Stunden die Objecte besichtigt wurden, fand sich, dass die negativ geotropischen Krümmungen, welche sich in der ruhenden Horizontal-Lage gebildet hatten, vollständig ausgeglichen waren; die Stiele waren wieder gerade gestreckt. — Auch die positiv geotropischen Krümmungen an den Spitzen der älteren Stiele waren ganz oder theilweise verschwunden, während sie an den jüngeren noch vorhanden waren.

Nunmehr wurde der Versuch wiederholt, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Objecte erst dann an dem Klinostat befestigt wurden, wenn sie etwa 24 Stunden in ruhender Horizontal-Lage zugebracht hatten. Auch jetzt ergab sich bei fortgesetzter Drehung eine Streckung, allein eine nur theilweise. Der vordere Schenkel des Winkels, den das ehemals horizontale und das verticale Stielstück mit einander bildeten, durchmass nur einen mehr oder minder grossen Weg, etwa $^1/_2$ oder selbst $^2/_3$ des bei der Aufrichtung durchlaufenen Bogens; dann stand die Bewegung still, und die noch vorhandene Krümmung blieb erhalten. — Wurde der Versuch mit Objecten angestellt, die bei hoher Temperatur zwei Tage und noch länger in ruhender horizontaler Lage verweilt hatten, dann fand keine oder nur unmerkliche Geradstreckung statt.

Aus diesen Resultaten ergiebt sich, dass die Rectipetalität im ganzen Stiel vorhanden ist, und dass sie jede Krümmung, gleichviel ob positiv oder negativ geotropische, auszugleichen sucht; der Stiel streckt sich beim Aufhören des Einflusses der krümmenden Kraft, so lange er noch wachsthumsfähig ist. Zugleich aber sehen wir, dass die Wirkung der Schwerkraft eine ungleich grössere ist, als die der Rectipetalität, dass der Einfluss der letzteren gänzlich hinter den der Schwerkraft zurücktritt. — Weiter folgt aus unseren Versuchen, dass eine Krümmung um so schwieriger zu beseitigen ist, je länger die sie verursachende Kraft eingewirkt hat. Vielleicht darf man sich diese Thatsache in folgender Art zurechtlegen. Wird ein bis dahin aufrechter Stiel in horizontale Lage gebracht, so bewirkt die Schwerkraft eine verhältnissmässig rasche Aufwärtskrümmung. Diese wird zunächst durch Turgoränderungen herbeigeführt werden, mit denen nicht ein entsprechendes, gleich schnelles Wachsthum der Zellmembranen Hand in Hand geht, sondern diese vielmehr anfangs passiv gedehnt werden. Hebt man jetzt, nachdem die Beugung eben ausgeführt ist, den krümmenden Einfluss auf, so erfolgt rasch wieder eine Geradstreckung. — Verharren dagegen die Zweige länger in ruhender horizontaler Lage, so erfahren auch die Zellenwände eine der Krümmung entsprechende Aenderung; und diese wird, wenn man nun den einseitigen Einfluss der Schwerkraft aufhebt, um so schwieriger zu beseitigen sein, je länger er gedauert hatte. — Hierzu dürfte sich noch ein weiterer Umstand gesellen, der in

dem Alter der Stiele beruht, mit dessen Zunahme diese ja stets an Biegsamkeit verlieren. Ja, es wäre möglich, dass hierin allein das ganze oben beschriebene Verhalten der Stiele begründet wäre.

Kehren wir jetzt zur Untersuchung der Ursachen zurück, welche die Abwärtskrümmung des Stieles unter normalen Verhältnissen zur Folge haben.

Nach dem Vorgange von *Sachs* nimmt *de Vries* an, die fragliche Krümmung beruhe auf dem Gewicht der Knospe, welches der junge spannungslose Stiel nicht zu tragen vermöge, und daher passiv nach unten gezogen werde. Den Beweis für die Richtigkeit seiner Ansicht findet er in der Thatsache, dass der Stiel sich aufrichtet, wenn man die Knospe abschneidet. — Wie schon Eingangs hervorgehoben, ist dieser Beweis damit jedoch nicht erbracht, sondern es hätte dazu noch eines weiteren Experimentes bedurft, das *de Vries* nicht angestellt hat.

Schneidet man von einem abwärts gekrümmten Stiele die Knospe ab, so richtet sich derselbe in der That empor. Die Geradstreckung vollzieht sich je nach dem Alter der Stiele, Temperatur u. s. w. in verschiedener Zeit; bald in etwa 12, bald in 24, bald erst in 48 Stunden oder dazwischen liegenden Zeiten.

Allein die Aufrichtung erfolgt ebenfalls, wenn man die Knospe abschneidet, und mit einem feinen Faden wieder an der Spitze des Stieles befestigt. Der Stiel ist jetzt mit der Knospe belastet, und streckt sich dennoch gerade. Und um ganz sicher zu gehen, dass das Gewicht in Folge Wasserverlustes der abgeschnittenen Knospe nicht etwa zu gering ausfalle, kann man zwei abgeschnittene Knospen an einem Stiel festbinden: es streckt sich derselbe trotz dieser Last. Ja der Versuch gelang wiederholt auch dann noch, wenn ich drei Knospen an einem decapitirten Stiele befestigte.

Durch diesen Versuch ist der Beweis geliefert, dass nicht das Gewicht der Knospe den biegsamen Theil des Stieles abwärts zieht; durch ihn und unsere früher besprochenen Versuche ist dargethan, dass die Krümmung vielmehr eine Erscheinung von activer Natur, von positivem Geotropismus ist. Worauf aber die Aufrichtung des decapitirten Stieles beruht, ist eine noch offene Frage. Man kann sich vorstellen, dass der bisher positive Geotropismus sich jetzt in negativen verwandle, und dadurch die

Streckung bewirke. Oder es kann die letztere auf Rectipetalität beruhen, wenn diese noch in dem der Knospe beraubten Theile vorhanden ist. Oder endlich, es können die beiden Kräfte, Schwerkraft und Rectipetalität, die Aufrichtung verursachen.

Diese Fragen lassen sich in einfacher Art durch das Experiment lösen.

Wir wollen mit der nächsten Frage beginnen, ob die ihrer Knospen beraubten Stiele noch Rectipetalität besitzen. Um in diesem Punkte Klarheit zu erlangen, wurden Objecte der fraglichen Art am Klinostat der Drehung ausgesetzt. Es fand sich, dass sie die Streckung in derselben Art vollzogen, wie die nicht geköpften Stiele; sie ging um so schneller vor sich, je näher die Knospe vor der Entfernung dem Aufblühen gewesen war; um so langsamer, je jünger der Stiel bei der Decapitation war. — Um mich auch in diesem Falle über die Bedeutung des Knospengewichtes zu vergewissern, befestigte ich die abgeschnittenen Knospen wieder an den Stielen, und setzte sie nun der Drehung aus. Auch jetzt erfolgte die Streckung in gleicher Weise, und, soweit sich sehen liess, ebenso schnell wie bei den normal mit Knospen versehenen Stielen.

Um aber ganz sicher darin zu gehen, ob nicht etwa doch die Rectipetalität des Stieles nach der Decapitation eine Aenderung eingehe, verfuhr ich folgender Maassen.

Es wurde eine Anzahl von Zweigen gewählt, deren Knospen je paarweise ein etwa gleiches Alter hatten. Die Hälfte der Stiele dieser Zweige wurde ihrer Knospen beraubt, die andere Hälfte unversehrt gelassen. Dann wurde um das freie Ende jedes Stieles, gleichviel ob mit oder ohne Knospe, ein feiner Faden geschlungen, und vermittelst desselben jenes Ende an dem unteren Theile des Stieles so befestigt, dass ihm nicht gestattet war, sich, ausser nur unbeträchtlich, aus seiner normalen Lage zu entfernen. Die so hergerichteten Objecte wurden am Klinostat der Drehung ausgesetzt. In den in der gekrümmten Lage festgehaltenen Stielen trat nun eine Spannung ein, von der sich erwarten liess, dass sie nach Grösse und Dauer verschieden ausfallen würde, wenn die Rectipetalität in den decapitirten Stielen eine Aenderung erführe.

Alltäglich wurden nun je ein oder zwei Paare dieser Stiele ihrer Fesseln entledigt; stets erwies sich die Spannung ungefähr gleich gross in den beiderlei Stielen. Selbst nach vier Tagen

war noch in den decapitirten, soweit sich ohne besondere Hülfsmittel erkennen liess, eine etwa eben so hohe Spannung vorhanden, wie in den mit Knospen versehenen. — Aus diesen Thatsachen ergab sich, dass die Rectipetalität der Stiele in Folge der Entfernung der Knospe, wenn überhaupt, dann jedenfalls nur eine geringe Aenderung erfährt.

Nachdem dies festgestellt war, handelte es sich weiter um den Nachweis, ob das sich nach der Entfernung der Knospe aufrichtende Stielstück den positiven Geotropismus, welchen es bisher besass, in negativen verwandele, oder ob die Aufrichtung lediglich auf Rectipetalität beruhe.

Um über diesen Punkt Klarheit zu erlangen, verfuhr ich in folgender Art. Es wurden Stiele mittleren Alters, welche ihrer Knospen beraubt waren, flach auf grosse Korkplatten gelegt, sodass die Krümmungsebene der Fläche der Platten parallel lief; und nun mit Stecknadeln in ihrem ganzen basalen und mittleren Theile vorsichtig derart befestigt, dass nur der vordere, ehemals abwärts sehende Theil bis etwa zur Mitte der Krümmung frei blieb; in anderen Fällen war dieser frei bleibende Theil noch kürzer, etwa halb so lang. Um den Stielen in ausreichender Weise Nahrung zuzuführen, wurden sie mit längeren Zweigstücken in Verbindung gelassen, und die ganzen Vorkehrungen dann dem Lichteinfluss entzogen.

Das Ergebniss dieses Versuches war, dass die vorderen, frei bleibenden Theile der Stiele sich soweit aufrichteten, bis sie ungefähr senkrecht nach oben sahen. Sie erwiesen sich damit als negativ geotropisch, und zwar in ungleich höherem Maasse, als sie rectipetal waren.

Unsere oben aufgeworfenen Fragen werden also dahin beantwortet, dass die Aufrichtung der Stiele nach Entfernung der Blüthe auf negativem Geotropismus und Rectipetalität beruht, dass aber der erstere weit überwiegt. Unter normalen Bedingungen, bei aufrechter Stellung der Stiele, kommt dieses Verhältniss nicht zum Vorschein; es zeigt sich aber, sobald man den Stiel aus seiner normalen in eine mehr oder minder geneigte Lage überführt.

Wir wollen jedoch den Geotropismus der Stiele noch etwas weiter verfolgen.

Aeltere und jüngere Stiele wurden geköpft, und dann in mit feuchter Atmosphäre versehene Glasglocken in horizontale Lage ge-

bracht; auch diese Stiele waren selbstverständlich wieder mit langen Zweigstücken in Verbindung. — In allen Fällen erfolgte die Aufwärtskrümmung in dem früher vertical-aufrechten noch beweglichen Theile sehr schnell; so rasch, dass die positiv geotropische Krümmung an der Spitze noch gar nicht oder nur sehr wenig ausgeglichen war. (Taf. I, Fig. 4.) Dann erst trat diese ein, und zwar um so schneller, je älter der Stiel, um so langsamer, je jünger er war. — Daraus ergiebt sich, dass die Schwerkraft in der gleichen Art auf den ehemals aufrechten Stieltheil einwirkt, mag die Knospe vorhanden sein oder nicht.

Weiter folgt aus dem Ergebniss dieses Versuches, dass der Einfluss der Schwerkraft sich an dem früher aufrechten Theile des Stieles erheblich rascher geltend macht, als der von Rectipetalität und Schwerkraft zusammen genommen am bisher abwärts gebogenen Theile. Diese Thatsache ist auch ohne Weiteres verständlich. Jener erste Theil war schon negativ geotropisch, der andere dagegen bis dahin positiv geotropisch. Gleich nach dem Abschneiden der Knospe werden in dem letzteren Vorgänge ausgelöst, welche den positiven in negativen Geotropismus überführen. Damit dies geschehe, bedarf es eines bestimmten Zeitverlaufes. Der Vorgang beginnt offenbar langsam, und steigert sich allmälig; wahrscheinlich hat er ein Maximum und später wieder ein Minimum. — Der junge Stiel besitzt den am meisten energischen positiven Geotropismus; um diesen zu überwinden, und in den entgegengesetzten überzuführen, bedarf es einer längeren Zeit. Je näher dagegen die Knospe dem Aufblühen war, um so schwächer der positive Geotropismus des Stieles, und um so leichter die Verwandlung desselben in den entgegengesetzten. Hierzu kommt dann noch die Rectipetalität, welche im hinteren Theile des horizontal gelegten Stieles gegen, im vorderen gleichsinnig mit der Schwerkraft wirkt; deren Einfluss aber so gering ist, dass er neben dem der letztgenannten Kraft nicht erheblich in Betracht kommt.

Die sämmtlichen im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen dürften genügen, um uns ein einigermassen vollständiges Bild des Wachsthums der Blüthenstiele der meisten Papaver-Arten zu entwerfen.

Der junge Stiel mit Knospe ist seiner ganzen oder nahezu ganzen Länge nach positiv geotropisch, und krümmt sich

dem entsprechend nach unten. Bei seiner weiteren Entwickelung wird ein immer länger werdendes basales Stück negativ geotropisch und richtet sich in Folge dessen empor, während der vordere Theil gekrümmt bleibt. Ein und derselbe Stiel zeigt also in verschiedenen Regionen zwei Formen des Geotropismus, negativen und positiven, die beiden gerade entgegengesetzten Formen desselben. Ob dieselben am Stiel allmälig in einander übergehen oder scharf von einander abgesetzt sind, vermag ich nicht zu sagen; wahrscheinlich ist das erstere der Fall, und es findet sich irgendwo, vielleicht auf der Höhe der Krümmung, eine neutrale Zone. — Je näher die Knospe der Entfaltung rückt, um so kürzer in Beziehung auf den ganzen Blüthenstiel wird der positiv gekrümmte Theil desselben; bis endlich kurz vor dem Aufblühen die letzte Spur von positivem Geotropismus schwindet, und der Stiel sich unter dem Einfluss der an die Stelle des letzteren tretenden negativen Form derselben Kraft und der Rectipetalität gerade aufrecht streckt. In dieser Lage entfaltet sich die Blüthe, und diese Lage behält auch die Frucht bei.

Dieses Verhalten des Stieles findet jedoch nur dann statt, wenn derselbe sich in normalem Zusammenhange mit der Knospe befindet. Wird die letztere entfernt, dann ändern sich die Verhältnisse vollständig. Es erlischt dann der positive Geotropismus des vorderen Theiles des Stieles, und der letztere ist nun seiner ganzen Länge nach negativ geotropisch. — Seine Rectipetalität dagegen besitzt der Stiel, gleichviel ob die Knospe vorhanden ist, oder nicht.

Wir haben hier also den bemerkenswerthen Fall, dass das ganze Verhalten des vorderen Stieltheiles durch die Knospe bestimmt wird; von dieser aus wird die Natur der Reaction des Stieles gegen die Schwerkraft bedingt. Die letztere wirkt auf den Complex von Stiel und Knospe ganz anders, als auf den isolirten Stiel. — Es liegt nahe, sich diese Erscheinung in folgender Art zurechtzulegen. Der Blüthenstiel selbst ist stets negativ geotropisch; es gehen aber von der Knospe Einflüsse aus, welche diese Eigenschaft überwinden, und bewirken, dass er positiv geotropisch reagirt. Hebt man diese Einflüsse durch Entfernung der Knospe auf, so kommt die wahre Natur des Stieles zum Vorschein, er erweist sich negativ geotropisch. —

Diese Ansicht hat auf den ersten Anblick sehr viel Bestechen-

des, allein ihre Richtigkeit dürfte schwer zu erweisen sein. Denn wie wir bald sehen werden, löst die Entfernung der Knospe in dem Stiel auch pathologische Vorgänge aus, und es entsteht die Frage, in wieweit die letzteren das Verhalten desselben beeinflussen; der negative Geotropismus könnte möglicher Weise erst eine Folge von jenen pathologischen Processen darstellen, obgleich er sich viel früher zu erkennen giebt, als diese. — Wie immer sich jedoch dieses Problem lösen möge, die Thatsache steht fest, dass das Verhalten des Stieles von der An- oder Abwesenheit der Knospe bedingt wird; dass die Schwerkraft in erster Linie auf die Knospe wirkt, und dass durch diese die Wachsthumsart des Stieles bestimmt wird.

Welcher Art aber ist dieser räthselhafte Zusammenhang zwischen Stiel und Knospe? Offenbar ist es für die letztere von Bedeutung, in die abwärts gerichtete Lage zu gelangen; aber worin besteht diese Bedeutung? Nur während die Knospe geschlossen ist, hängt sie nach unten; sobald sie sich öffnet, streckt sich der Stiel gerade. — Mit diesen Fragen betreten wir ein halb teleologisches Gebiet. Ich habe lange über dieselben nachgedacht, bin aber bis jetzt zu keinem entscheidenden Resultate gelangt. Doch glaube ich hier einstweilen die Versuche mittheilen zu dürfen, welche ich zur Lösung des Problems angestellt habe.

Den Ausgangspunkt meines Gedankenganges bildete die Frage: Welche Theile der Blüthe sind wichtig für das Verhalten des Stieles? Ist die ganze unversehrte Blüthe nothwendig, um die oben besprochenen Vorgänge auszulösen, oder genügen zu dem Ende einzelne besondere Theile derselben?

Um diese Frage zu beantworten, stellte ich zwei Versuche an. Der eine derselben bestand darin, dass mit einer feinen zweischneidigen Nadel der Fruchtknoten einer noch jüngeren, völlig hängenden Knospe zerstört wurde, während alle übrigen Theile der Blüthe der Hauptsache nach erhalten blieben. Die Ausführung des Versuches geschah nach genauer vorheriger Orientirung über den Bau der Knospe in der Art, dass die Nadel durch die eine Commissur der Kelchblätter auf der Höhe der Ansatzstelle des Fruchtknotens ins Innere geführt, und mit Zerstörung möglichst weniger Staubblätter der Fruchtknoten an seiner Basis ganz oder nahezu vollständig durchschnitten wurde. —

Wenn man das Experiment, wie ich es gethan, sehr häufig wiederholt, so gelingt es fast regelmässig. Lediglich an der Einführungsstelle der Nadel werden die Kelchblätter unbedeutend verletzt, ebenso das eine Blumenblatt, und nur wenige der sehr zahlreichen Staubblätter zerstört; alle übrigen äusseren Blüthentheile dagegen bleiben unversehrt erhalten.

Beim zweiten Experiment wurden umgekehrt möglichst vollständig alle äusseren Theile der Blüthe, Kelch-, Blumen- und Staubblätter, an ihren Insertionsstellen abgeschnitten, der Fruchtknoten dagegen intact gelassen. Dass auch dieser Versuch bei einiger Vorsicht unschwer gelingt, bedarf kaum der Erwähnung. Bemerkt sei nur noch, dass die abgeschnittenen Blüthentheile nicht entfernt wurden, sondern als eine Schutzhülle um den Fruchtknoten vorhanden blieben. — Neben diesen wurden noch einige andere Versuche ausgeführt, in denen nicht die sämmtlichen, sondern nur einzelne Partieen der äusseren Theile zerstört wurden. So durchschnitt ich im einen Falle die Hälfte oder ein Drittel aller drei äusseren Blüthentheile; im anderen wurden lediglich die Kelch- und Blumenblätter zerstört, die Staubblätter aber erhalten u. s. w.

Das Ergebniss, welches diese Versuche lieferten, war ein schlagendes. In allen Fällen, in welchen der Fruchtknoten zerstört worden, verhielt sich der Stiel so, als wenn man die ganze Blüthe entfernt hätte; er richtete sich negativ geotropisch empor. Waren dagegen nur die äusseren Theile der Blüthe gänzlich oder partiell zerstört worden, der Fruchtknoten dagegen unverletzt geblieben, so behielt der Stiel seine Krümmung bei, und wuchs, soweit sich äusserlich verfolgen liess, wie im normalen Falle. — Der erstgenannte Versuch ergab ausnahmslos dasselbe Resultat, der zweite wies hin und wieder Ausnahmen auf. Fast immer beruhten diese, wie die nachherige Untersuchung ergab, darauf, dass bei der Operation der Fruchtknoten mit angegriffen war. In mehreren Fällen waren alle äusseren Theile zerstört, sie trockneten, den Fruchtknoten umhüllend, allmälig ein und wurden braunschwarz; die Stiele dagegen verhielten sich ganz normal, die Krümmung blieb zunächst, veränderte allmälig den Ort, bis endlich die Geradstreckung erfolgte. Wurde nun die trockene Hülle von dem Fruchtknoten entfernt, so erwies sich derselbe frisch, wenn auch nicht immer von normalem Umriss; ein

Umstand, der wohl unzweifelhaft auf dem von Aussen durch die vertrockneten Theile ausgeübten Druck beruhte. In ein paar Fällen wurden die Narben solcher Fruchtknoten künstlich bestäubt, worauf sie Kapseln mit zahlreichen Samen producirten.

Durch die gewonnenen Ergebnisse wurde die oben aufgeworfene Frage dahin beantwortet, dass nicht die ganze Blüthe das Verhalten des Stieles bedingt, sondern lediglich der Fruchtknoten. Ist dieser entfernt oder sein Inhalt zerstört, so streckt sich der Stiel gerade; er verhält sich so, als ob die ganze Blüthe entfernt wäre.

Ehe wir diesen Gegenstand weiter verfolgen, soll über einen Versuch berichtet werden, welcher den Zweck hatte, über das Verhalten solcher Stiele genauere Auskunft zu erhalten, in deren Knospen der Fruchtknoten zerstört war.

An vier Knospen verschiedenen Alters, sämmtlich mit gekrümmten Stielen, wurde die fragliche Amputation mit möglichster Schonung der äusseren Blüthentheile gleichzeitig vollzogen. Die Ausführung des Versuches geschah am 21. Juni 1880 bei einer durchschnittlichen Temperatur von 18—22° C.

1. Object.

21. Juni.	Länge des Stieles		29	Mm.
22. „	Stiel noch stark gekrümmt	Länge	32	„
23. „	„ „ „ „	„	32	„
24. „	Krümmung theilweise ausgeglichen .	„	32,5	„
25. „	Krümmung fast völlig ausgeglichen .	„	33	„
26. „	Stiel gerade	„	36	„
27. „	„ „	„	37	„
28. „	„ „	„	37	„
2. Juli.	„ „	„	45	„
		Gesammtzuwachs	16	Mm.

2. Object.

21. Juni.	Länge des gekrümmten Stieles		31	Mm.
22. „	Die Krümmung ein wenig ausgeglichen.	Länge	32	„
23. „	Stiel fast gerade	„	34	„
24. „	„ „ „	„	35	„
25. „	„ gerade	„	36	„
27. „	„ „	„	36	„
28. „	„ „	„	37	„

28. Juni.	Stiel gerade	Länge	40	Mm.
2. Juli.	„ „	„	42	„
		Gesammtzuwachs	11	Mm.

3. Object.

21. Juni.	Länge des gekrümmten Stieles		98	Mm.
22. „	Krümmung erheblich ausgeglichen.	Länge	107	„
23 „	Stiel fast gerade	„	119	„
24. „	„ gerade	„	130	„
25. „	„ „	„	140	„
26. „	„ „	„	147	„
27. „	„ „	„	150	„
28. „	„ „	„	151	„
2. Juli.	„ „	„	155	„
		Gesammtzuwachs	57	Mm.

4. Object.

21. Juni.	Länge des gekrümmten Stieles		135	Mm.
22. „	Krümmung bedeutend ausgeglichen.	Länge	151	„
23. „	Stiel fast gerade	„	172	„
24. „	„ gerade	„	184	„
25. „	„ „	„	187	„
26. „	„ „	„	195	„
27. „	„ „	„	202	„
28. „	„ „	„	202	„
2. Juli.	„ „	„	202	„
		Gesammtzuwachs	67	Mm.

Wie aus diesen Zahlen zu ersehen ist, wurde bis zum 28. Juni täglich gemessen. Als am 29. Juni in keinem Falle eine Veränderung zu constatiren war, unterblieb die Messung bis zum 2. Juli. Bis dahin war noch ein Zuwachs erfolgt, von da an fand jedoch keiner mehr statt. Die Stiele, und zwar die jüngsten zuerst, wurden gelb, und schrumpften später ein. Die Knospen gelangten in keinem Falle zur Entfaltung, trotzdem die äusseren Theile derselben möglichst sorgfältig geschont waren; sondern alle nahmen nach und nach, die jüngsten wieder am ersten, eine bräunliche Farbe an und gingen später zu Grunde.

Berechnet man die Gesammtzuwachse auf 100, so ergiebt sich für die vier Fälle eine Steigerung des Wachsthums in folgendem Verhältniss:

155 : 135 : 158 : 150.

Hierzu sei bemerkt, dass diese Versuche nicht wiederholt wurden. Doch glaube ich auf Grund meiner zahlreichen sonst angestellten Beobachtungen zu der Annahme berechtigt zu sein, dass das in denselben beobachtete Verhalten der Stiele annähernd das normale sei.

Fügt man nun zu den gemachten Beobachtungen hinzu, dass die normale Länge eines fertigen Blüthenstieles mit unverletzter Knospe der zu dem Versuch verwendeten Pflanze 30 – 32 Ctm. betrug, so ergiebt sich aus denselben Folgendes. Durch die Amputation des Fruchtknotens wird im Wachsthum des Stieles eine Störung verursacht, die, wie es scheint, um so bedeutender ist, in je früherem Alter die Operation vollzogen wird; die älteren Stiele erweisen sich, wie nicht wohl anders zu erwarten, widerstandsfähiger, als die jüngeren. — In allen erlischt der positive Geotropismus; er geht in negativen über, und zwar, wie schon früher erwähnt, um so schneller, je älter der Stiel ist. Die Zeitdauer, während welcher nach der Operation noch Wachsthum stattfand, war in den oben besprochenen vier Fällen annähernd gleich; ich bin jedoch nicht ganz sicher, ob dieses Verhalten immer stattfindet. Vielleicht dürfte es sich in den älteren Stielen manchmal länger erhalten.

Kehren wir nun zu unserer oben unterbrochenen Untersuchung zurück.

Wie wir gefunden haben, ist es allein der Fruchtknoten, welcher die Bewegung des Stieles beherrscht; für diesen muss demnach offenbar der Wechsel in der Lage von Bedeutung sein. Ohne Weiteres richtet sich der Blick auf den wesentlichsten Theil im Fruchtknoten, auf die Samenknospen; und es drängt sich die weitere Frage auf: Steht die Lage des Fruchtknotens etwa mit der Stellung der Samenknospen in ursächlichem Zusammenhang? Haben die letzteren überhaupt eine regelmässige Stellung an der Placenta?

Auf die letztere Frage giebt die Untersuchung des Fruchtknotens eine bejahende Antwort. Den Bau des letzteren darf ich als bekannt voraussetzen. Die sämmtlichen ins Innere vorragenden Theile der Fruchtblätter sind bis auf eine mehr oder minder schmale, oft wellig gebogene Randpartie dicht mit Samenknospen besetzt. Von Aussen betrachtet (in Beziehung auf die Placenta), haben die letzteren einen ovalen oder eiförmigen Umriss. Auf

dem medianen Längsschnitt zeigen sie die in der Figur 9 auf Taf. I angedeutete Gestalt. Sie sind campylotrop, und das äussere der beiden Integumente bildet eine eigenthümliche schnabelartige Verlängerung, deren Längsaxe etwa senkrecht zu der des Embryosackes gerichtet ist; der letztere hat die in der Figur angedeutete Lage. Die Samenknospe ist auf dem Stiel um ein Geringes gedreht, sodass die Mikropyle etwas seitlich neben und an denselben zu liegen kommt. — Die so gebauten Samenknospen haben nun eine derartige Lage, dass ihr Mikropyle-Ende an der Placenta des vertical aufrechten Fruchtknotens nach unten und auswärts gerichtet ist. Die Linie, welche in die mediane Längsebene der Samenknospe fällt, und der Placenta parallel läuft, bildet mit der Verticalen einen spitzen Winkel von etwa 25—35° (Fig. 5 auf Taf. I).

Von dieser normalen Lage finden sich jedoch mannigfache Abweichungen. Es können die Samenknospen mehr und selbst vertical nach unten sehen, oder auch eine mehr nach der Horizontalen neigende Stellung einnehmen. Die Abweichungen der ersteren Art finden sich fast regelmässig in der Nähe der Ansatzstelle der Placenta an die Fruchtknotenwandung. Hier sind die Samenknospen meist dicht an die Aussenwand des Fruchtknotens gelagert und, wohl unzweifelhaft in Folge Raummangels, mit ihren Mündungen nach unten gerichtet; eine Stellung, an der häufig auch noch die zweite Reihe theilnimmt.

Da nun der Fruchtknoten der meisten Arten bis zum Aufblühen abwärts hängt, so haben die Samenknospen in dieser Zeit eine geneigt aufwärts gerichtete Lage; während und nach der Blüthezeit dagegen sind sie geneigt nach unten gerichtet. — Dem entsprechend gehen die Entwickelungs-Vorgänge im Embryosack bis zur Bestäubung bei nach oben sehender Samenknospe, während und nach derselben in der entgegengesetzten Lage vor sich. — Der junge, später gebogene Embryo, dessen Radicula der Mikropyle zugekehrt ist, entwickelt sich also in geneigt aufwärts gerichteter Lage; er wächst nach oben.

Dieselben Vorgänge finden bei Papaver bracteatum statt, nur mit dem Unterschiede, dass dort auch die Entwickelungs-Processe vor dem Aufblühen bei nach unten sehender Samenknospe vor sich gehen.

Die eben beschriebenen Verhältnisse ins Auge gefasst, bot

sich nun ein Weg dar, der Lösung des oben aufgeworfenen Problems näher zu treten. Wie werden sich die Samenknospen verhalten, wenn man den Fruchtknoten zwingt, während der verschiedenen Entwickelungs-Phasen in der seiner natürlichen Richtung entgegengesetzten Lage zu verharren? Behalten die Samenknospen in diesem Falle ihre Stellung, oder beschreibt der Funiculus etwa eine Torsion, um den Knospenkern wieder in die normale Lage zu bringen? Kann die Samenknospe überhaupt sich in abnormer Stellung entwickeln?

Diese Fragen liessen sich durch das Experiment erledigen. Um den Fruchtknoten während der ersten Wachsthumsstadien in entgegengesetzter Lage verharren zu lassen, befestigte ich ganz junge, noch aufwärts gerichtete Knospen an geraden Stäben, welche neben die Pflanze gesteckt wurden. Das Anbinden geschah zunächst mit zwei feinen Fäden, deren einer um die Knospe, der andere um den Stiel unmittelbar unter der Knospe gelegt wurde, sobald der letztere die genügende Länge erreicht hatte. Der Stiel wuchs nun rasch und krümmte sich; um ihm Raum zu schaffen, und vor dem Brechen zu hüten, wurde die Knospe am Stiel nach und nach hinaufgeschoben. Beim weiteren Wachsthum erwies es sich gewöhnlich nothwendig, noch ein zweites oder unter Umständen selbst drittes Band um die Knospe zu legen, da der Stiel stets ein höchst energisches Bestreben zeigte, die Knospe in die abwärts gerichtete Lage zu bringen. Auf diese Weise gelang es bei beständigem Controlliren, die Knospe stets in der aufrechten Lage zu erhalten. Früh Morgens am Tage des Aufblühens wurde sie vom Stabe gelöst, der Entfaltung zu Hülfe gekommen, und, wenn nöthig, eine künstliche Bestäubung vorgenommen.

Anfangs dachte ich, das fragliche Experiment auch auf andere Art auszuführen. Es war meine Absicht, unter der Knospe am Stiel einen oder zwei Fäden zu befestigen, diese über eine über der Knospe befindliche Rolle zu leiten, und das andere Ende mit einem Gewichte zu beschweren, das hingereicht hätte, die Krümmung des Stieles zu verhüten. — Der Ausführung dieses Vorhabens im Freien stellten sich jedoch so erhebliche Hindernisse in den Weg, dass ich den vorhin beschriebenen Weg vorzog, der ebenfalls vollkommen zum Ziele führte.

Um auf der anderen Seite die Knospe auf gekrümmtem Stiel an der Aufrichtung zu verhindern, und dem Fruchtknoten während

und nach der Blüthezeit eine verkehrte Lage aufzunöthigen, wurde unter die Knospe ein kurzer Stab in den Boden gesteckt, und dieselbe an dem Stabe gewöhnlich vermittelst zweier Fäden befestigt, welche dicht über der Knospe um den Stiel gelegt wurden, und an zwei entgegengesetzten Seiten um die erstere herumliefen. Die höchst eigenthümlichen Wachsthumsvorgänge, welche solche Stiele zeigen, sollen später ihre Besprechung finden. Hier sei nur erwähnt, dass man solche zwangsweise in abwärts gerichteter Lage gehaltene Knospen besonders zur Zeit des Aufblühens sehr sorgfältig beobachten muss, da sie unter allen Umständen in die normale Lage zu gelangen suchen. Durch das Befestigen mit zwei an entgegengesetzten Seiten der Knospe verlaufenden Fäden, und eine, wenn nöthig, öftere Veränderung des Ortes des Stäbchens, an welches sie gebunden, kann man die verkehrte Lage der Knospe stets unschwer erhalten. — Auch hier wurde am Morgen der Knospenentfaltung meistens künstlich nachgeholfen und, wenn es der Zweck erforderte, eine Bestäubung mit dem Pinsel vorgenommen. — Nach dem Verblühen blieb das Ganze in der angegebenen Lage; der Stiel wuchs zwar nicht mehr, befand sich aber, zumal in der ersten Zeit, in einer so hohen Spannung, dass er beim Durchschneiden des Fadens beträchtlich emporschnellte.

Um nun zunächst zu sehen, ob unter den veränderten Bedingungen eine Lagenänderung der Samenknospen vor sich gegangen sei, wurden die Fruchtknoten von den in den beiderlei Arten behandelten Objecten mikroskopisch untersucht; und zwar die aus der ersten Versuchsreihe kurz vor der Knospenentfaltung, die aus der zweiten dagegen bald nach dem Verblühen. — Es ergab sich, dass weder im einen, noch im anderen Falle eine Aenderung der Lage der Samenknospen stattgefunden hatte; die letzteren hatten, soweit ich wahrnehmen konnte, die Stellung, welche sie unter normalen Verhältnissen einnehmen. Sollten übrigens kleine Lagenänderungen stattgefunden haben — was ja in Anbetracht der Schwierigkeit der Beurtheilung solcher Stellungen immer möglich sein könnte — so wären dieselben so gering gewesen, dass sie sich meinem Blicke entzogen hätten.

Nachdem dieser Punkt erledigt war, tauchte eine andere wichtige Frage auf. Es handelte sich darum, ob an den von Beginn an aufrecht gehaltenen Knospen die anfänglich anormale Lage einen Einfluss auf die späteren Vorgänge der Befruchtung

und der Entwickelung des Embryo in der Samenknospe habe Ferner, ob in der verkehrten Lage, in welcher sich die stets abwärts gehaltene Knospe und Blüthe befindet, eine Befruchtung möglich sei, und, wenn dies der Fall, ob eine Entwickelung des Embryo in dieser Lage vor sich gehen könne. — Es liess sich erwarten, dass wenn immer die Schwerkraft auf die ersten Gestaltungsvorgänge der Pflanze einen massgebenden Einfluss ausübt, er sich hier zeigen werde. War eine derartige Wirkung in der That vorhanden, dann musste sie sich am umgekehrt wachsenden Embryo offenbaren, wenn überhaupt die Entwickelung eines solchen in inverser Lage möglich war.

Was zunächst die letztere, die eigentliche Cardinalfrage, anlangt, ob der Embryo in verkehrter Lage sich entwickeln könne, so vermag ich darauf eine bestimmte, und zwar bejahende Antwort zu geben. Ich habe aus Samen solcher stets verkehrt gehaltener Kapseln eine grosse Anzahl von Pflanzen gezogen, über die alsbald näher berichtet werden soll. Da nun in dem fraglichen Samen der Embryo dieselbe Lage hat, welche er einnimmt, wenn die Samenknospen resp. Samen in normaler Stellung gewachsen sind, so folgt daraus, dass derselbe sich in verkehrter Lage entwickeln und zur wachsthumsfähigen Pflanze gestalten kann. Damit wäre die Hauptsache erledigt.

Es wurde eben gesagt, dass der Embryo in solchen in inverser Stellung gehaltenen Früchten die gleiche Lage habe, welche er in normal gewachsenen besitzt; dieser Gegenstand bedarf aber noch einer etwas genaueren Erörterung. — Der normale Same hat die bekannte annähernd nierenförmige Gestalt. In einem reichlich entwickelten Eiweiss liegt ein Embryo, dessen Radicula dem ehemaligen Mikropyle-Ende zugewandt ist. Der Embryo hat eine wechselnde Grösse; manchmal von beträchtlichem Umfang, ist er in anderen Fällen verhältnissmässig klein. Gewöhnlich hat er die in Fig. 7 auf Taf. I dargestellte Lage; die Innenfläche der Cotyledonen läuft parallel dem medianen Längsschnitt des Samens. Daneben kommen mannigfache Abweichungen von dieser Lage vor. In Fig. 8 ist ein Fall abgebildet, in welchem die Stellung der Cotyledonen gerade entgegengesetzt, um 90° zu der vorigen gedreht, war. Zwischen diesen beiden extremen Fällen finden sich alle Uebergänge. Meist ist der Embryo der Länge nach schwach gebogen, in anderen Fällen dagegen gerade;

die erstere Form findet sich gewöhnlich bei den grösseren, die letztere bei den kleineren Individuen. Da das Mikropyle-Ende der einstigen Samenknospe geneigt nach unten gerichtet war, und der Same die Lage derselben beibehält, so wachsen demnach die Plumula und die Cotyledonen des Embryo geneigt nach oben, die Radicula geneigt abwärts. In anderen Fällen, den selteneren freilich, entwickelt sich das ganze Gebilde in stark geneigter oder selbst horizontaler Richtung.

Das eben Gesagte gilt nun auch vollständig für die Embryonen derjenigen Samen, welche sich in verkehrter Lage entwickelt haben. Von den beiderlei Samen wurde eine beträchtliche Anzahl untersucht, um einen etwa vorhandenen Unterschied in der Entwickelung der Embryonen aufzufinden, allein es liess sich kein solcher entdecken. Die Grösse der Embryonen in den verkehrt gehaltenen Samen zeigte dieselben Verschiedenheiten, wie sie für die normal gewachsenen angegeben wurde; und ebenso verschieden war die Lage derselben. Gewöhnlich war auch ihre Längsaxe schwach gebogen (Fig. 6 auf Taf. I), in anderen Fällen gerade.

Aus diesen Thatsachen folgt, dass der Embryo in der Samenknospe mit normaler Lage geneigt aufwärts, in der verkehrt gerichteten dagegen geneigt abwärts wächst. Soweit sich aus den fertigen Embryonen schliessen lässt, geht die Entwickelung in beiden Fällen mit gleicher Energie von statten.

Weiter sei, was zwar kaum noch nöthig erscheinen dürfte, bemerkt, dass die Embryonen derjenigen Samen, deren Knospen beständig in aufrechter Lage gehalten wurden, ebenfalls keinerlei Unterschiede von den normalen erkennen liessen.

Nehmen wir hiernach unseren Faden wieder auf. Wie erwähnt, können sich in verkehrter Lage gebildete Embryonen zu vollständigen Pflanzen entwickeln; und damit wäre die Hauptfrage erledigt. — Anders gestaltet sich die Sache, wenn es sich darum handelt, ob nicht die abnorme Lage, in welcher die Samenknospen einen Theil ihrer Entwickelungs-Periode zuzubringen genöthigt waren, doch von irgend einem Einfluss auf ihre Producte sei. Auf diese Frage vermag ich nur eine bedingte Antwort zu geben. Eine strenge und allen Anforderungen genügende Lösung dieses Problems kämpft, wie unschwer ersichtlich ist, mit aussergewöhnlichen Schwierigkeiten. Die Blüthen, welche sich an den

im Freien wachsenden Stöcken in verschiedener Lage befinden, sind dem Besuche von Insecten ausgesetzt, die von Blüthe zu Blüthe schwärmen, und Kreuzungen aller Art vermitteln. Da nun die eine Kreuzung ein günstigeres Product liefern könnte, als eine andere, so wäre es sehr wohl möglich, dass die durch ungünstige Lage verursachten nachtheiligen Folgen ganz oder theilweise durch eine günstige Kreuzung wieder ausgeglichen, oder umgekehrt durch eine unvortheilhafte Kreuzung oder Selbstbefruchtung noch gesteigert würden. Den gleichen Fehlerquellen wäre man bezüglich der unter sonst normalen Bedingungen gewachsenen Vergleichspflanzen ausgesetzt.

Diesen Schwierigkeiten hätte sich dadurch ausweichen lassen, dass man die Pflanzen in Töpfen gezogen, und durch Zimmercultur von allem Insectenbesuch ausgeschlossen hätte. Allein die Cultur der Papaver-Pflanzen in Töpfen ist schon nichts Leichtes, ihre Zucht im Zimmer aber ungemein schwierig. Die erstere gelingt, wenn man die Samen in Töpfe aussäet; die so gezogenen Pflanzen erlangen zwar nie die volle Kräftigkeit, halten sich aber im Freien recht gut. Bringt man sie jedoch ins Zimmer, so stellen sich bald oder nach einiger Zeit Störungen ein, die früher oder später den Tod derselben herbeiführen. — Es ist kaum zu bezweifeln, dass sich solche Objecte in einem hellen und luftigen Glashause ohne besondere Schwierigkeiten werden ziehen lassen; ein solcher Raum stand mir aber zu diesem Zwecke nicht zur Verfügung, und ich musste mich daher auf die etwas unsicheren Beobachtungen im Freien beschränken.

Wie schon erwähnt, wurden die stets in aufrechter Lage festgehaltenen Knospen früh am Morgen der Entfaltung von den Stäben gelöst, und der Oeffnung selbst künstlich nachgeholfen. Gewöhnlich fand sich, dass, wahrscheinlich in Folge der Compression, welche die Knospe erfahren hatte, die Antheren schon einen Theil ihres Pollens auf die Narbe der eignen Blüthe abgegeben hatten. War dies der Fall, dann wurden die Pollenkörner theils durch kräftiges Blasen, theils mit einem sehr weichen Pinsel möglichst vollständig und sorgfältig entfernt, und nun eine Neubestäubung mit Pollen eines anderen Stockes derselben Art vorgenommen. — Nach bekannten Erfahrungen liess sich erwarten, dass in diesem Falle eine Befruchtung mit dem fremden Element stattfinden würde. Allein es ist klar, dass keine absolute Sicher-

heit für das Nichtzustandekommen einer Selbstbefruchtung geboten war; und ebenso wenig war die Einwirkung eines durch Insecten herbeigeführten anderen fremden Pollens ausgeschlossen.

Um im Uebrigen sicher zu gehen, wurden jedesmal verschiedene Knospen resp. Blüthen desselben Stockes in die beiden entgegengesetzten Lagen gebracht, und bei der Entfaltung mit Pollen desselben anderen Stockes befruchtet. — Bemerkt sei noch, dass sich auch bei den abwärts gerichteten Knospen wiederholt die Nothwendigkeit herausstellte, vor der künstlichen Bestäubung erst den eignen Pollen der Blüthe zu entfernen.

Soweit sich äusserlich wahrnehmen liess, fand die weitere Entwickelung der Kapseln, gleichviel welche Lage sie einnahmen, in normaler Weise statt. Sie nahmen allmälig an Umfang zu, erhielten weiterhin gelbe und endlich braune Färbung, und wurden, als sie die Reife erlangt hatten, vom Stock abgenommen. Als die Kapseln geöffnet wurden, fand sich, dass sie reichlich mit Samen erfüllt waren, welche äusserlich vollkommen denjenigen glichen, die aus in normaler Stellung entwickelten Kapseln genommen waren.

Derartige Samen wurden zuerst im Sommer 1880 gezüchtet. Mit ihnen wurden im Frühjahr 1881 Aussaaten gemacht, und zwar gleichzeitig und unter den gleichen äusseren Bedingungen. Es wurde etwa die gleiche Menge von Samen jeder Art auf zwei gleich grosse, nebeneinander liegende Felder gesäet. Leider wurde hierbei versäumt, eine genaue Zählung der zur Aussaat verwendeten Samen vorzunehmen.

Gleich bei der Keimung zeigte sich ein geringer Unterschied auf den beiden Feldern; die Keimlinge aus den Samen der einst aufrechten Kapseln traten ein wenig früher an die Erdoberfläche, als die aus den Samen der ehemals abwärts gerichteten Früchte gewonnenen. War dieser Unterschied nur unbedeutend, so stellte sich bald ein grösserer ein. Auf dem Felde der letztgenannten Samen erschienen im Vergleich zu dem andern auffallend wenig Keimlinge, trotzdem in beiden Fällen ungefähr gleichviel Samen ausgesäet waren. Dazu kam weiter, dass diese Keimpflanzen sich ungleich weniger günstig entwickelten, als die aus den Samen der von Anfang an aufrecht gehaltenen Früchte. Dieser Unterschied erreichte seinen Höhepunkt, als die jungen Pflanzen etwa das 4. und 5. Laubblatt entwickelten. Um diese Zeit fiel er schon aus

der Ferne in die Augen. Das Feld mit den Keimlingen aus den einst aufrechten Kapseln war dicht mit Pflanzen besetzt, welche ein üppiges Aussehen besassen und deren Laub eine dunkelgrüne Färbung hatte. Das andere Feld dagegen führte spärliche Pflanzen, und diese hatten kleinere Blattflächen und ein mattes helleres Grün. — So auffallend aber der Unterschied um diese Zeit auch war, und so deutlich er jedem, den ich darauf aufmerksam machte, in die Augen fiel, er verschwand doch in der Folge nach und nach, und es war später von ihm nichts mehr zu sehen. Die Pflanzen beider Felder entwickelten sich später lebhaft, blühten und erzeugten reichlich Samen.

Diesen Beobachtungen ist nun noch beizufügen, dass sich neben diesen Feldern andere befanden, welche mit Samen besäet wurden, die aus in jeder Beziehung normal entwickelten Kapseln genommen waren. Die Pflanzen dieser Felder zeigten keinerlei Unterschiede von den aus den Samen der stets aufrechten Früchte erzielten.

Soweit meine Versuche und deren Ergebnisse. Wenn dieselben auch eine bestimmte und zwar bejahende Antwort auf die Frage enthalten, ob eine Entwickelung des Embryo bei inverser Lage der Samenknospe überhaupt möglich sei, so lassen sie doch darüber im Zweifel, ob nicht durch die abweichende Lage irgend ein Einfluss auf den Entwickelungs-Process desselben ausgeübt werde. Man könnte sich vorstellen, dass das anfänglich schwächere Wachsthum der Keimlinge aus den Samen der verkehrt gehaltenen Kapseln auf eine solche Störung zurückzuführen sei. — Ob wirklich derartige Einflüsse stattfinden, bleibt einstweilen dahingestellt. Bemerkt sei noch, dass ich die vorhin besprochenen Versuche im letzten Sommer (1881) an mehreren Stöcken von Neuem ausgeführt, und eine Anzahl von den in der verschiedenen Art gezogenen Kapseln mit zahlreichen Samen geerntet habe. Ueber die Resultate, welche die mit den letzteren anzustellenden Aussaaten ergeben haben werden, werde ich bei anderer Gelegenheit berichten.

Schon oben wurde angedeutet, dass das Verhalten solcher Blüthenstiele, deren Knospen in hängender Lage befestigt, und dadurch an der Aufrichtung verhindert wurden, ein höchst auffallendes ist. Dieser Gegenstand soll zum Schluss etwas eingehender erörtert werden.

Die fragliche Erscheinung tritt am wenigsten hervor, wenn man die Befestigung in der letzten Periode des Nickens, kurz vor dem Aufblühen der Knospe, vornimmt. Geschieht dieses dagegen schon in einem früheren Stadium, bald nachdem die Nutation begonnen hat, so bietet das Wachsthum des Stieles ein überaus auffallendes Schauspiel dar. Diejenigen Theile, welche an der negativ geotropischen Aufrichtung verhindert sind, beginnen sich zu winden und zu drehen, wobei sie abnorm in die Dicke wachsen. Da jedesmal diejenige Seite der Krümmung, welche durch ihr einseitiges Längenwachsthum die Geradstreckung des betreffenden Stieltheiles bewirkt, an ihrem normalen Ausdehnungsbestreben gehindert wird, so entsteht eine Torsion. In Folge der letzteren gelangt eine andere wachsthumsfähige Seite nach unten; diese erfährt wieder eine negativ geotropische Verlängerung, und da dieselbe ebenso wenig befriedigt werden kann, wie in dem früheren Falle, so erfolgt wieder eine Torsion; und so fort, bis die Spitze des Stieles erreicht ist, und kein Wachsthum mehr stattfindet. — Wäre bei dem beschriebenen Process das Knospenende soweit frei, dass es sich um seine Längsaxe drehen könnte, so würde der Stiel vielleicht beständig in einer Richtung tordiren; da aber die Knospe befestigt ist, so kann eine solche continuirliche und gleichsinnige Torsion nicht stattfinden. Es muss dieselbe einen gewisser Maassen zickzackförmigen Verlauf annehmen; ein und dieselbe Seite kommt vorwiegend immer wieder nach unten zu liegen, und erfährt dem entsprechend ein erhöhtes Wachsthum. — Allein diese Torsionen genügen bei Weitem nicht, das Ausdehnungsbestreben der gewaltsam nach unten gerichteten Stielhälfte zu befriedigen, es entstehen vielmehr mehr oder minder starke Krümmungen. Die Convexität der ersten von diesen ist natürlich gewöhnlich nach unten gerichtet; in Folge der ungleichen Torsionen jedoch, ferner des Druckes, welcher vom hinteren und vorderen Stieltheile auf die wachsende Region ausgeübt wird, weiter einer im Stiel wahrscheinlich entstehenden geotropischen Nachwirkung, kommen überaus verwickelte Spannungen zu Stande, welche die mannigfaltigsten Krümmungen des Stieles bedingen. Hin und wieder werden diese Spannungen so gross, dass plötzlich auf der Oberseite der Krümmung ein Bruch erfolgt; doch habe ich dieses Vorkommen unter der grossen, im Laufe dreier Jahre beobachteten Anzahl von Fällen nur selten beobachtet.

Zu den Krümmungen und Torsionen kommt nun noch ein weiterer Umstand, der diesen Stielen ein besonderes Interesse verleiht. Es verdicken sich dieselben nämlich in auffallender Weise, und zwar innerhalb der ganzen Region, die in ihrem regelmässigen Wachsthum gehemmt wird. Diese Verdickung kann local soweit gehen, dass die betreffende Stelle des Stieles das Doppelte des normalen Umfanges erreicht.

Ist das Wachsthum eines solchen Stieles beendigt, so hat derselbe eine meist wurmförmige Gestalt mit Krümmungen, die nach den verschiedensten Richtungen gehen. Die stattgehabten Torsionen lassen sich an den feinen Längsleisten, welche über den ganzen Stiel verlaufen, unschwer verfolgen. Dazu ist derselbe, besonders in seinen mittleren Theilen, in der erwähnten abnormen Weise verdickt. — In der Figur 12 auf Taf. I ist ein solcher Fall, und zwar einer der einfachsten, in welchen die Krümmungen fast nur in einer Ebene stattgefunden hatten, dargestellt. Das daneben abgebildete Stielstück (Taf. I, Fig. 13) ist der mittleren und unteren Region eines normalen geraden Stieles derselben Pflanze entnommen, und mag den Dickenunterschied der beiderlei Stiele vor Augen führen. In anderen Fällen war dieser Unterschied nicht unerheblich grösser.

Vergleicht man die Länge solcher Stiele mit der der normal aufrecht gewachsenen, so ergiebt sich, dass sie um $^1/_3$ bis $^1/_4$ kürzer sind, als diese. Die Länge der normalen Stiele an demselben Stock ist, zumal in der ersten Zeit, annähernd constant, an verschiedenen Stöcken derselben Art aber nicht immer gleich; und es wurden daher die Vergleichungen stets unter Stielen ein und desselben Stockes und etwa aus der gleichen Entwickelungsperiode desselben vorgenommen. — So hatten drei normal aufrechte Stiele eines Stockes, während der Blüthezeit gemessen, eine Länge von 37,65 Ctm., 34,9 Ctm. und 36,4 Ctm. bei einem mittleren Durchmesser von 2,75 bis 3 Mm. Diesen Verhältnissen entsprach ein Gewicht von 2,3 Gr., 2,2 Gr. und 2 Gr. — Ein gekrümmter Stiel derselben Pflanze hatte eine Länge von 25,4 Ctm., einen Durchmesser von 3,75 bis 4 Mm. und ein Gewicht von 2,5 Gr. Ein anderer derartiger Stiel hatte bei fast gleichen sonstigen Verhältnissen ein Gewicht von 2,2 Gr.

Aus diesen Thatsachen ziehe ich den Schluss, dass die Ernährung in den beiderlei Stielen ungefähr gleich ist, dass nur

im einen Falle das Längen-, im anderen das Dickenwachsthum überwiegt; dass dieselbe Nahrung im einen Falle auf erhöhtes Längen-, im anderen auf gesteigertes Dickenwachsthum der Stiele verwendet wird.

Es entstand nunmehr die weitere Frage, worauf das abnorme Dickenwachsthum solcher in der Längsstreckung gehemmter Stiele beruhe, ob lediglich auf Dehnung seiner Elemente, oder auf Theilung derselben, oder ob beides neben einander vorkomme. — Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass die ganze fragliche Ausdehnung lediglich durch Volumvergrösserung der Zellen bedingt wird; dass Theilung derselben, soweit ich gesehen, dabei nicht eintritt. Die Volumvergrösserung der Zellen aber ist höchst auffallend; sie erstreckt sich auf sämmtliche Elemente des Querschnitts, auf die von Epidermis, Rinde, Gefässbündel und Mark. — Das Verhältniss zwischen den Zellen der Epidermis, Rinde und Gefässkörper-Scheide ist in den Figuren 14, 15, 16 und 17 auf Taf. I dargestellt. Von der Fläche gesehen, erscheinen die Elemente der Epidermis des geraden Stieles (Fig. 16) lang, schmal, die Wände gerade oder nur unerheblich gewunden. Die Längsaxe der Spaltöffnungen ist der des Stieles parallel gerichtet, und die Zellen derselben in dieser Richtung verlängert. — Die Epidermis des gekrümmten Stieles (Fig. 17) dagegen besteht aus kürzeren, dafür aber breiteren Elementen, deren Wände mehr oder weniger stark gewunden sind. Dem entsprechend sind auch die Zellen der Spaltöffnungen kürzer und breiter; ausserdem ist die Längsaxe derselben häufig in höherem oder geringerem Grade zu der des Stieles geneigt. — Der beschriebenen Längsansicht entspricht der Querschnitt. Der grössere Durchmesser der Epidermis-Elemente des gekrümmten Stieles in radialer und tangentialer Richtung springt in die Augen (Fig. 15). Nicht nur die Zellen der Rinde sind erheblich grösser, sondern auch die Intercellularräume sind entsprechend umfangreicher, als im geraden Stiel (Fig. 14). Genau dasselbe gilt für die dickwandigen Elemente der Scheide an der Grenze zwischen Mark und Rinde und deren Intercellularen; und ebenso sind die Zellen des Markes und der Gefässbündel von entsprechend grösserem Umfang. Bei den Markzellen ist der Unterschied manchmal höchst auffallend. So hatten in einem Falle die in der Nähe eines der grösseren inneren Gefässbündel gelegenen Elemente des gekrümmten Stieles einen

mittleren Durchmesser von 130 Mikromill., während die an etwa gleichem Orte gelegenen Zellen des geraden Stieles nur 75 Mikromill. massen. — Dazu kommt ferner, dass der letztere in der Mitte des Markes durch Zerreissung der Elemente eine Höhle entstehen lässt, die ungefähr ein Drittel des ganzen Stammdurchmessers einnimmt, während im Mark des gekrümmten Stieles zwar auch eine Höhle gebildet wird, die jedoch nur sehr klein ist, und die Form eines schmalen Spaltes besitzt.

Soviel über diese eigenthümlichen Erscheinungen. Bemerkt sei nur noch, dass man das Dickerwerden der Stiele nicht nur auf die angegebene Art, sondern überhaupt durch jede Hemmung des Längenwachsthums derselben hervorrufen kann. Befestigt man z. B. an einer sich aufrichtenden Knospe ein so grosses Gewicht, dass das Emporziehen desselben einigen Kraftaufwand erfordert, so schwillt der obere Theil des Stieles alsbald abnorm an.

Versuche mit Tussilago Farfara.

Die Bewegungen der Stiele dieser Pflanze, welche die Köpfchen tragen, gleichen in den Hauptpunkten denen der Blüthenstiele von Papaver, und sollen daher im Anschluss an die letzteren behandelt werden.

Die Stiele sind hohl und mit kleinen schuppenartigen Blättern besetzt. Sie entspringen von den im Boden hinkriechenden Rhizomen, und verhalten sich, soweit meine Beobachtungen reichen, verschieden, je nachdem sie unmittelbar an der Erdoberfläche oder tiefer im Boden entstehen. Im letzteren Falle beschreiben sie eine Nutation; sie sind, so lange sie sich unter der Erde befinden, mit der Spitze hakenförmig nach unten gebogen. Diese Krümmung wird ausgeglichen, sobald die Stiele über die Erdoberfläche hervortreten; sie strecken sich dann allmälig gerade. — An denjenigen dagegen, die unmittelbar an der Erdoberfläche von den Rhizomen entspringen, konnte ich niemals eine derartige Nutation wahrnehmen.[1])

An den geraden oder nur ganz schwach geneigten Stielen blühen nun die Köpfchen auf. Gegen Ende der Blüthezeit oder

[1]) Vergl. hierzu die Bemerkungen von *C. Darwin*. The power of movement in Plants. London 1880, p. 90.

jedenfalls bald nachher beginnt ein erhebliches Längenwachsthum des Stieles, während dessen er sich allmälig an seiner Spitze abwärts krümmt, so dass er endlich einen weiten Bogen bildet und das geschlossene Köpfchen senkrecht nach unten hängt (Taf. II, Fig 7). In dieser Lage verharrt dasselbe, bis die Samenreife herannaht. Sobald dies geschieht, richtet sich der Stiel wieder auf, und nimmt eine senkrechte Lage an. Jetzt öffnet sich der Hüllkelch, die Pappus entfalten sich, und eine selbst nur mässige Luftbewegung führt die Samen davon.

Die Aufrichtung der Stiele geschieht in ähnlicher Weise, wie bei Papaver. Die Krümmung wird von dem basalen Theile aus allmälig ausgeglichen. Die dort gelegenen Partieen strecken sich nach und nach gerade, während die Krümmung nach der Spitze hin weiter fortschreitet. Aber auch hier erreicht dieselbe, wie bei Papaver, nicht ganz die Spitze, sondern es findet die Ausgleichung früher statt, derart, dass das apicale Ende des Stieles, etwa 2—3 Ctm. lang, gerade emporgehoben wird. Die Ausgleichung der Krümmung selbst geht verhältnissmässig rasch von statten, während derselben besitzt der Stiel ein unteres langes und ein oberes kurzes gerades Stück, zwischen beiden den sich gerade streckenden gebogenen Theil. Ob das apicale Stück dabei noch ein Längenwachsthum erfährt, habe ich nicht untersucht.

Auch bei Tussilago übt das Licht auf den Process der Krümmung keinen Einfluss aus. Die Beugung geht im Dunklen von statten, und bleibt, wenn schon vorhanden, im Dunklen erhalten. Wohl aber sind die Stiele positiv heliotropisch. Stellt man blühende noch gerade Objecte und verblühte, schon gekrümmte in einen Zinkkasten mit einseitiger Glaswand, so biegen sich die ersteren nach dem Lichte hin; die letzteren thun das Gleiche, und beschreiben ausserdem, wenn die Köpfchen nicht schon lichtwärts gewendet waren, Torsionen, um in diese Lage zu gelangen.

Um die Bedeutung der Schwerkraft auch in diesem Falle festzustellen, wurden Objecte mit noch geraden Stielen, deren Köpfchen dem Verblühen nahe waren, und solche, deren Stiele schon die Krümmung erfahren hatten, am Klinostat der langsamen Drehung ausgesetzt. Es ergab sich, dass die Stiele der ersteren Art gerade blieben, die der letzteren sich gerade streckten. — Daraus folgt, dass die Krümmung durch die Schwerkraft verursacht wird, und ferner, dass die Stiele zu den rectipetalen

Gebilden gehören. — Wurden nun die vom Klinostat entnommenen Objecte aufrecht in einen dunklen Raum gestellt, so traten nach kurzer Zeit die Krümmungen wieder ein.

Die Köpfchenstiele von Tussilago gleichen also völlig den Blüthenstielen von Papaver. Zwischen beiden besteht nur der interessante Unterschied, dass bei dieser Pflanze die Krümmung vor, bei jener nach der Blüthe erfolgt. Die Ursachen der Beugung sind bei beiden gleich.

Allein die Aehnlichkeit geht noch weiter, wie sich schon aus den bisherigen Versuchen mit Sicherheit schliessen lässt. Nimmt man nämlich den gebogenen Stielen ihre Köpfchen, so richten sie sich nach einiger Zeit senkrecht auf. Schneidet man das Köpfchen ab, und befestigt es wieder an dem Stiel, so erhebt sich dieser nichtsdestoweniger. Belastet man ihn mit zwei abgeschnittenen Köpfchen, so streckt er sich ebenfalls noch gerade, unter Umständen auch noch, wenn drei Köpfchen angehängt werden. Allein weiter reicht die Kraft des hohlen Stieles nicht. Das Gewicht von einem halben Gramm wurde zwar noch um eine kurze Strecke emporgehoben; zur Geradstreckung brachte es der Stiel unter dieser Last jedoch nicht mehr.

Die eben beschriebene Aufrichtung des decapitirten Stieles beruht, wie bei Papaver, auf zwei Ursachen, auf negativem Geotropismus und Rectipetalität. Auch hier ist der erstere erheblich stärker, als die letztere, denn giebt man solchen Stielen eine mehr oder minder geneigte Lage, so krümmen sie sich soweit, bis der vordere Theil senkrecht nach oben gerichtet ist.

Dass in der That in den geköpften Stielen noch Rectipetalität vorhanden ist, folgt daraus, dass, wenn man derartige noch gekrümmte Stiele am Klinostat der Drehung aussetzt, sie sich gerade strecken; es geschieht dies auch dann, wenn man die abgeschnittenen Köpfchen wieder an den Spitzen der Stiele befestigt.

Auch hier wurde festzustellen versucht, ob nicht zwischen der Rectipetalität geköpfter und nicht geköpfter gekrümmter Stiele ein Unterschied bestehe. Die Ausführung des Versuches geschah in derselben Art, welche oben bei Papaver beschrieben wurde. Wieder wurde der vordere freie Stieltheil der beiderlei Objecte an dem hinteren mit einem Faden befestigt, und nun die Pflanzen der Drehung ausgesetzt. Täglich wurden dann an je zwei Objecten, deren eines ein Köpfchen besass, das andere köpfchenlos

war, die Fäden gelöst, und die Höhe der Spannung an dem Grade der Streckung geschätzt. Es war mir auch hier nicht möglich, einen Unterschied zwischen den beiden Stielen hinsichtlich ihrer Rectipetalität zu finden. Die Spannung war stets in beiden etwa gleich, und beide streckten sich schliesslich völlig gerade. Diese Gleichheit wurde auch hier noch am vierten Tage der Drehung beobachtet.

Schliesslich wurde noch eine Anzahl kräftiger Objecte, die mit Stielen von allen Altersstadien, geköpften und ungeköpften, versehen waren, in verkehrter Lage im Glashafen aufgehängt; und dieser dem Lichteinfluss entzogen. Das Ergebniss war ebenfalls ganz conform dem bei Papaver erhaltenen. Die Stiele der jungen, noch nicht geöffneten oder eben blühenden Köpfchen krümmten sich energisch nach oben; ebenso verhielten sich alle ihrer Köpfchen beraubten Stiele. Diejenigen, welche schon nach dem Verblühen zu nutiren begonnen hatten, beschrieben mit dem oberen, ehemals aufrechten Theile eine negativ geotropische Aufwärtskrümmung in derselben Weise, wie sie früher im entsprechenden Falle bei Papaver beobachtet wurde, in Folge deren das Fruchtköpfchen wieder seine abwärts gerichtete Stellung erlangte, und der vordere Theil des Stieles die Form eines liegenden ω annahm. Näherten sich diese Köpfchen endlich der Fruchtreife, dann richtete sich der vordere Theil der Krümmung negativ geotropisch nach oben.

Die hier besprochene Pflanze hat für uns ein besonderes Interesse. Während bei Papaver darüber Zweifel blieben, ob wirklich das Verhalten des Stieles lediglich von der Blüthe aus bestimmt werde, gestalten sich hier die Verhältnisse einfacher. Der seines Fruchtköpfchens beraubte, gekrümmte Stiel richtet sich empor; dasselbe geschieht, wenn die Reife der Früchte erreicht wird, und die letzteren sich vom Fruchtboden ablösen. Auf diesen Umstand, auf die Entfernung der Früchte kommt es offenbar an, und man kann daher hier mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit behaupten, dass die positiv geotropische Krümmung des Stieles von Tussilago Farfara lediglich von den Früchten aus bestimmt werde, dass die Angriffspunkte der Schwerkraft in den letzteren, und nicht im Stiel zu suchen seien. — Ist dies aber hier der Fall, dann dürfte mutatis mutandis das Gleiche auch für die Krümmungen von Papaver und ähnliche Fälle gelten.

Versuche mit Cyclamen.

Die im Nachfolgenden zu machenden Angaben beziehen sich ausschliesslich auf einige Varietäten des Cyclamen persicum, wie sie in den Gärten vielfach cultivirt werden.

Die junge Blüthenknospe ist anfänglich gerade aufwärts gerichtet, oder mehr oder weniger, bis selbst zur Horizontalen geneigt. Sobald der Stiel eine nur geringe Länge erreicht hat, beginnt die Krümmung desselben, in Folge deren die Knospe allmälig in eine senkrecht abwärts gerichtete Lage gelangt. Die Krümmung wird zunächst von einem längeren oberen Theile des Stieles ausgeführt, und der Bogen selbst ist ein verhältnissmässig weiter (Taf. I, Fig. 21). Bei den meisten von mir verwendeten Exemplaren von verschiedenen Varietäten zeigte der schon etwas länger gewordene Stiel eine doppelte Krümmung. Das Basalstück desselben lag horizontal oder schwach aufwärts geneigt auf der Scheibe; von ihm erhob sich mit mehr oder minder scharfem Bogen der längere negativ geotropische Theil des Stieles, an dessen Spitze dann die Abwärtskrümmung eintrat (Taf. I, Fig. 19). — Dass der Stiel in seinem basalen Theile eine horizontale oder stark geneigte Lage hat, dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach durch die Richtung zu erklären sein, die der Blüthenspross der Anlage nach hat; doch habe ich diesem Gegenstande ein besonderes Augenmerk nicht zugewendet.

Ist die Pflanze allseitig gleichmässig beleuchtet, so richten sich die Stiele, von den genannten Krümmungen an Spitze und Basis abgesehen, senkrecht aufwärts, oder erfahren eine beliebige Neigung nach irgend einer Seite. Fällt dagegen das Licht nur von einer Seite ein, so krümmen sich die Stiele nach dieser hin. Es sind dieselben demnach vor der Blüthezeit negativ geotropisch und positiv heliotropisch, Eigenschaften, welche sie auch während der Blüthezeit beibehalten.

Kurz vor und während des Aufblühens erfährt die Krümmung an der Spitze des Stieles eine kleine Veränderung. Es streckt sich nämlich der hintere Theil des Bogens gerade, während die bleibende Beugung von einem nur sehr kurzen Stücke des Stieles unmittelbar vor der Blüthe ausgeführt wird. (Vergl. Fig. 7 rechts.) Die Krümmung selbst wird dabei theilweise ausgeglichen; die Blüthe sieht nicht mehr senkrecht, sondern geneigt nach unten.

Ueber die Ursachen dieser Krümmung sind, soweit mir bekannt, bisher keine Untersuchungen ausgeführt worden. Die Experimente, welche ich zur Aufdeckung derselben anstellte, hatten anfänglich keinen Erfolg; später dagegen führten sie zu einem befriedigenden Abschluss.

Dass das Gewicht der Knospe oder Blüthe keinen directen Einfluss von Belang auf die Krümmung ausübe, folgt schon mit hoher Wahrscheinlichkeit aus einigen einfachen Vorversuchen. Kehrt man den eine Knospe oder Blüthe führenden Stiel um, so bleibt die Krümmung unverändert. Ja, das gebogene Stück besitzt einen hohen Grad von Starrheit, und setzt dem Versuche, es gerade zu strecken, einen beträchtlichen Widerstand entgegen. Gewöhnlich bricht es, ehe die Streckung gelungen ist. Wollte man also annehmen, dass das Gewicht der Blüthe Ursache der Stielkrümmung sei, dann könnte sein Einfluss jedenfalls nur ein indirecter sein.

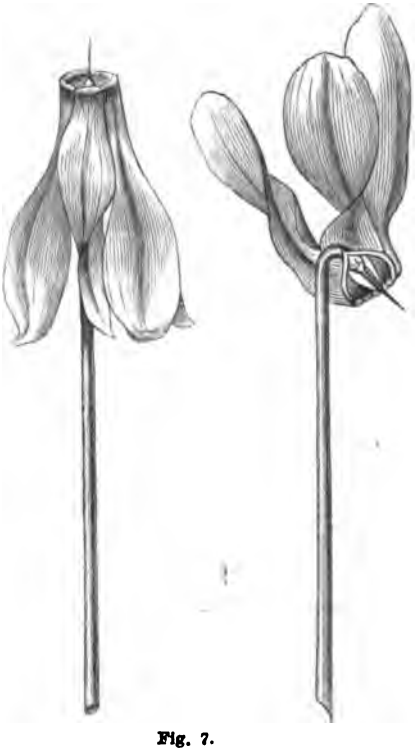


Fig. 7.

Weiter. Es wurden jüngeren und älteren Stielen ihre Knospen oder Blüthen unmittelbar an deren Ansatzstelle fortgeschnitten. In keinem Falle trat eine Streckung der Stiele ein, sondern stets blieben die Krümmungen unverändert. Anfänglich fand noch ein geringes Längenwachsthum statt; allein dieses stand bald still, und später gingen die Stiele zu Grunde.

Dass die Krümmung nicht etwa auf negativem Heliotropismus beruhe, schloss ich schon aus dem Umstande, dass bei einseitiger Beleuchtung der Pflanzen die jungen Stiele sich nicht vom einfallenden Lichte weg krümmen, sondern nach jeder beliebigen Richtung neigen. — Um sicher zu gehen, stellte ich eine Pflanze

während etwa einer Woche unter einen schwarzen Recipienten. Es liess sich in Folge dessen keinerlei Veränderung an den Krümmungen wahrnehmen.

Nach den genannten Versuchen und Erwägungen wurde die Vermuthung nahegelegt, dass die Krümmung an der Spitze positiv geotropischer Natur sei. Die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Vermuthung durch den Versuch festzustellen, war die nächste Aufgabe.

Es wurde eine Anzahl von jüngeren und älteren Knospen und Blüthen mit ihren Stielen abgeschnitten, und theils am Klinostat der Drehung ausgesetzt, theils in vertical-aufrechter und -verkehrter sowie horizontaler Stellung befestigt; und zwar geschah dies stets an dem basalen Ende, so dass die Blüthen oder Knospen mit den längeren Stielstücken sich frei bewegen konnten. — Allein keiner von diesen Versuchen ergab ein günstiges Resultat. Die längeren Stiele krümmten sich, wenn sie in ruhender Horizontal-Lage angebracht waren, manchmal ein wenig aufwärts; die Beugung an der Spitze aber blieb stets erhalten.

Aus dem Verlauf dieses Versuches zog ich den Schluss, dass die Stiele unserer Pflanze sehr empfindlicher Natur seien und desshalb eine Trennung von der Mutterpflanze nicht gestatteten. Es war der Versuch daher in anderer Weise anzustellen. Neben Blüthenstielen verschiedenen Alters wurden feine Tannenstäbe in den Topf gesteckt, die Stiele vorsichtig gebogen, und nun mit ihrem oberen Theile in verkehrter Richtung an den Stäben befestigt, so dass die Blüthen und Knospen jetzt vertical nach oben sahen. Dieses Experiment ergab ein Resultat. Schon am zweiten oder dritten Tage begannen die Stiele ihre Krümmung auszugleichen, und die Knospen und Blüthen sich abwärts zu richten. Nach kurzer Zeit war der Streckungsprocess beendigt, und die Blüthen sahen jetzt senkrecht nach unten. Den Blüthen folgten die älteren Knospen, diesen die jüngeren, und endlich die jüngsten zuletzt.

Die eben besprochene Pflanze war dem vollen Tageslichte ausgesetzt. Um die Lichtwirkung auszuschliessen, und ferner den Erfolg der Umkehrung auch an den ganz jungen, erst kürzlich gebogenen Stielen, die beim vorigen Versuch nicht berücksichtigt werden konnten, zu studiren, wiederholte ich das Experiment, jedoch mit einer kleinen Abweichung. Blüthen und Knospen einer kräftigen Pflanze wurden wieder an Stäben befestigt,

dieses Mal aber in normal aufrechter Lage. Nur der obere Theil des Stieles wurde jedesmal festgebunden, und zwar das höchste Band unmittelbar vor der Krümmung angebracht. Die Stäbe waren sämmtlich länger, als die Stiele, und die Bänder nur so fest angelegt, dass sie eben noch auf den Stäben verschiebbar waren. — Die Oberfläche des Topfes wurde sodann nach gehöriger Durchfeuchtung der Erde mit Moos überbunden, nun das Ganze verkehrt an einem Stativ befestigt, und mit diesem in einen dunklen Raum gestellt. Wasser wurde dem Topfe nach Bedürfniss durch das etwas vergrösserte Abzugsloch des Topfes zugeführt.

Nach zwei Tagen begannen auch an dieser Pflanze die ältesten Blüthen ihre Stiele gerade zu strecken, und ihnen folgten, wie in dem früheren Falle, die Knospen ihrem Alter nach. Da die Stiele besonders in ihrem der Blüthe zugekehrten Theile rasch in die Länge wuchsen, so mussten alltäglich die Bänder an den Stäben vorwärts geschoben werden. — Die Stiele der noch ganz jungen Knospen behielten ihre Krümmung sehr lange bei. Es vergingen sieben bis zehn Tage, ehe die Geradstreckung erfolgte, und dieselbe trat erst dann ein, nachdem ein nicht unbeträchtliches Längenwachsthum des geraden Theiles stattgefunden hatte.

Aus dem Verlauf dieses Experimentes zog ich mit Bestimmtheit den Schluss, dass die Lage der Blüthen und Knospen unserer Pflanze durch die Schwerkraft bedingt werde. Um dies jedoch noch genauer zu erweisen, und zugleich festzustellen, ob die Stiele auch mit Rectipetalität ausgerüstet seien, wurden dieselben noch einmal der Drehung am Klinostat ausgesetzt. Um das Gelingen des Versuches zu ermöglichen, befestigte ich dieses Mal nicht abgeschnittene Stiele, sondern eine ganze Pflanze an der horizontalen Axe des Apparates. Ein kräftiges Exemplar wurde enttopft, die Erde vorsichtig von den Wurzeln entfernt, und dann die Knolle mit Fäden an zwei grossen Korkscheiben festgebunden, welche auf die horizontale Axe des Klinostats geschoben waren. Um das Gleichgewicht herzustellen, wurde an der gegenüber liegenden Seite der Korkscheiben eine mit Wasser gefüllte, lange Flasche befestigt, die je nach Bedürfniss leichter oder schwerer gemacht werden konnte. Jede Lichtwirkung wurde ausgeschlossen. — Während der ganzen Dauer des Versuches wurde alle Tage geprüft, ob das Gleichgewicht an der Axe noch vorhanden sei, und dasselbe im

Störungsfalle wieder hergestellt. Die Pflanze selbst wurde von Zeit zu Zeit mässig befeuchtet.

Beim Beginn des Versuches besass das Object zwei offene Blüthen und eine Anzahl von älteren und jüngeren Knospen mit Stielen von entsprechender Länge. Mehrere von den letzteren wurden ihrer Knospen beraubt; ebenso wurde die eine Blüthe vom Stiele entfernt.

Nachdem die Drehung etwa drei Tage gedauert hatte, begann an dem Stiel der Blüthe und denen der ältesten Knospen der Process der Geradstreckung, welcher nach und nach vollendet wurde, bis schliesslich die Blüthe und die Knospen gerade auf ihren Stielen standen. Dabei öffneten sich die Knospen theils während, theils nach der Streckung in ganz normaler Weise; das Zurückschlagen der Blumenblätter zeigte keinerlei Abweichungen. Den Stielen der älteren Knospen folgten die jüngeren, und diesen endlich auch hier wieder die jüngsten in der Geradstreckung. Bei diesen ging jedoch der Vorgang derart von statten, dass die Krümmung sich nur so weit öffnete, bis die Knospe etwa im rechten Winkel vom Stiele abstand; in dieser Lage konnte der Stiel lange Zeit oder selbst bis zum Schluss des Versuches verharren. — Die Knospen auf den geraden Stielen, mehr aber noch die Blüthen, boten eine auffallende Erscheinung dar. (Vergl. Fig. 7 auf S. 129 und Taf. I, Fig. 20.)

Von den ihrer Blüthen oder Knospen beraubten Stielen glich keiner seine Krümmung aus. Der jüngste, von 3 Ctm. Länge, zeigte keinerlei Veränderung, ebenso wenig die älteren mit Ausnahme eines einzigen, der eine Länge von $7^1/_2$ Ctm. besass und die Krümmung an der Spitze um ein ganz Geringes öffnete.

Weiter zeigte sich eine eigenthümliche Erscheinung. Sämmtliche Stiele besassen die Tendenz, ihre oben beschriebenen basalen Krümmungen auszugleichen, sich somit in Bezug auf die normale Lage der Scheibe im Freien horizontal zu stellen. Da der Umfang des Apparates den langen Stielen eine freie Bewegung in dieser Richtung nicht gestattete, so mussten dieselben parallel der Axe mit feinen Fäden befestigt werden.

Aus den eben erörterten Thatsachen folgt, dass die Krümmung an der Spitze des Stieles und die dadurch bedingte Lage der Knospe oder Blüthe auf positivem Geotropismus beruht. Es ergiebt sich weiter, dass der Stiel ein rectipetales Organ ist und

diese Eigenschaft zeigt, sobald der stärkere Einfluss der Schwerkraft aufgehoben wird. — Ferner lehrt unser Versuch, dass die negativ geotropische Krümmung an der Basis des Stieles auch in vorgeschritteneren Altersstadien noch durch Rectipetalität ausgeglichen werden kann, wenn der einseitige Einfluss der Schwere beseitigt wird. — Seiner grösseren Länge nach ist somit der Stiel negativ, an seiner Spitze dagegen positiv geotropisch; er ist ferner in seinem längeren Theile positiv heliotropisch; ob aber die gekrümmte Spitze etwa negativ heliotropisch reagirt, wurde nicht untersucht. — Wirkten an den Pflanzen im Freien Schwerkraft und Licht nicht auf die Stiele ein, so würden dieselben eine horizontale oder mehr oder minder geneigte Lage annehmen, und dabei an der Spitze keine Krümmung erfahren.

Endlich folgt aus unserem letzten, sowie aus einem schon früher besprochenen Experimente, dass der positiv geotropische Theil des Stieles nach Entfernung der Blüthe oder Knospe weder negativ geotropisch wird, noch seine Rectipetalität behält. In diesem wichtigen Punkte weichen die Stiele von denen von Papaver und Tussilago ab; doch lässt das Verhalten der Blüthenstiele von Cyclamen eine verschiedene Deutung zu. Es wäre möglich, dass der bisher positiv geotropische Theil in Folge der Entfernung der Blüthe seine Form des Geotropismus verlöre, ohne negativ geotropisch zu werden, dass die Rectipetalität aber nicht stark genug wäre, die vorhandene Krümmung auszugleichen; oder es könnte mit dem positiven Geotropismus auch die Rectipetalität schwinden. Oder es könnte die letztere verloren gehen, der Stiel zwar negativ geotropisch werden, jedoch in so geringem Grade, dass eine Ausgleichung der Krümmung nicht möglich wäre; ja dies könnte selbst nicht stattfinden, wenn sogar negativer Geotropismus einträte und die Rectipetalität unverändert bliebe. — Die eben angeführten Möglichkeiten könnten Geltung haben, wenn der geköpfte Stiel selbst in allen Theilen längere Zeit normal ernährt würde. Wäre dies dagegen nicht der Fall, träten vielmehr bald nach dem Abschneiden der Blüthe Ernährungsstörungen und in deren Gefolge Zersetzungserscheinungen im Stiel ein, dann liesse sich sein abweichendes Verhalten in ganz anderer Art erklären. Man könnte dann annehmen, dass nach der Entfernung der Blüthe der bisher positiv gekrümmte Theil, wie bei Papaver, negativ würde, und seine Rectipetalität behielte; dass aber der Geradstreckung

eben jene Ernährungsstörungen hindernd in den Weg träten, und dieselbe nicht zu Stande kommen liessen.

Welche von diesen Möglichkeiten wirklich zutrifft, vermag ich nicht zu sagen. Thatsache ist, dass die Stiele gegen Verletzungen höchst empfindlich sind. Es sei daran erinnert, dass ein ausgebildeter Stiel, wenn an seiner Basis abgeschnitten und am Klinostat der Drehung ausgesetzt, oder in vertical-verkehrte ruhende Lage gebracht, an der Spitze keine Geradstreckung erfährt. — Schneidet man von kürzeren oder längeren Stielen an der Pflanze die Knospen oder Blüthen ab, so erhalten sich die ersteren noch mehr oder minder lange Zeit, zeigen jedoch, zumal die jüngeren, kein oder nur unerhebliches Wachsthum; endlich gehen sie zu Grunde. — In Rücksicht auf diese Verhältnisse möchte man sich für die letzte der vorhin ausgesprochenen Möglichkeiten erklären, allein bei der verwickelten Natur dieser Gegenstände ist immer zu bedenken, dass man es hier nur mit Möglichkeiten zu thun hat.

Bemerkt sei hier noch, dass die vorhin besprochene Pflanze, nachdem sie dem Klinostat entnommen war, wieder in einen Topf gesetzt und mit einer Glasglocke bedeckt wurde. Sie blieb frisch und erholte sich bald so weit, dass die Glocke entfernt werden konnte. Die Blüthenstiele jedoch krümmten sich an ihrer Spitze nicht wieder abwärts. Nur in einem Falle konnte eine geringe Bewegung wahrgenommen werden; zu einer völligen Beugung brachte es keiner der Stiele.

Es wäre nunmehr das Verhalten des Fruchtstieles zu untersuchen. Ueber diesen Gegenstand finden sich Angaben bei *Darwin*[1]), nach denen der Vorgang in folgender Art verläuft. Bei Cyclamen persicum krümmen sich nach der Befruchtung während des Wachsthums der Kapsel die bis dahin gerade aufrechten Theile des Blüthenstieles bogenförmig abwärts, während dabei die scharfe Beugung an der Spitze ausgeglichen wird. Die junge Frucht beschreibt dabei beständig eine circumnutirende Bewegung. Die Ursache der Abwärtskrümmung beruht nach verschiedenen Versuchen auf negativem Heliotropismus; doch hält *Darwin* selbst diesen Punkt nicht für definitiv entschieden.

Auch ich bemühte mich, den Ursachen der fraglichen Krüm-

[1]) *C. Darwin*, l. c. p. 433.

mung beizukommen, allein ohne befriedigenden Erfolg. Gegenstand meiner Beobachtungen waren verschiedene Varietäten von C. persicum, deren Blüthen ich sorgfältig bestäubte, von denen aber die meisten aus mir nicht näher bekannt gewordenen Gründen kein günstiges Product lieferten. In der Regel führten die Stiele nach dem Verblühen die ersten Stadien der Krümmung aus, standen dann aber im Wachsthum still, und gingen bald in Zersetzung über.

Die verschiedenen Varietäten zeigten bezüglich des uns hier beschäftigenden Punktes ein nicht immer gleiches Verhalten. Die einen verlängerten ihre Stiele nach dem Abfallen der Blüthe beträchtlich, die anderen nicht. Bei allen trat die erste meist erhebliche Bewegung alsbald nach stattgehabter Befruchtung ein; oft war die Abwärtsbewegung schon in der ersten Nacht höchst auffallend. In den meisten Fällen war diese Bewegung eine von der Lichtquelle abgewendete; es krümmte sich der ganze obere Theil des Stieles negativ heliotropisch, wie unschwer zu erkennen war. Die weiter abwärts gerichtete Bewegung ging langsam vor sich; während derselben wurde die positiv geotropische Krümmung an der Spitze allmälig ausgeglichen. Schliesslich gelangte die Frucht an die Oberfläche des Bodens, in welchen die Kapsel einzugraben wahrscheinlich der Zweck der Bewegung ist.

Dass die erste Bewegung des Stieles nach der Befruchtung auf negativem Heliotropismus beruht, kann kaum bezweifelt werden; es fragt sich nur, ob nicht bei dieser und besonders bei der späteren Bewegung positiver Geotropismus mit in's Spiel kommt, was *Darwin* glaubt verneinen zu müssen. In den wenigen Fällen, die ich vollständig beobachten konnte, machte mir der ganze Vorgang den Eindruck, als beruhe er auf einer Combination der beiden Ursachen. Besonders lehrreich war mir eine meiner Versuchspflanzen, welche dicht am Fenster stand, und somit einseitig beleuchtet war. Die Stiele dieser Pflanze bogen sich nach der Befruchtung nicht, wie es sonst gewöhnlich geschah, nach dem Zimmer hin abwärts, sondern es fand die Krümmung meist in einer Vertical-Ebene statt, welche dem Fenster parallel gerichtet war. Hier wirkte offenbar Geotropismus mit, war vielleicht sogar der ausschlaggebende Factor. — Doch gelang es mir auch in diesem Falle nicht, die Beobachtung vollständig durchzuführen.

Wäre meine Vermuthung richtig, dass die Abwärtsbewegung

der Fruchtstiele durch positiven Geotropismus und negativen Heliotropismus verursacht würde, so böte uns Cyclamen persicum den interessanten Fall, in welchem die Knospen- und Blüthenstiele, abgesehen von dem kurzen apicalen Theile, negativ geotropisch und positiv heliotropisch, die Fruchtstiele dagegen negativ heliotropisch und positiv geotropisch wären. Würde dagegen die Abwärtskrümmung der Fruchtstiele lediglich durch negativen Heliotropismus bedingt, so blieben die eben erwähnten Eigenschaften der Knospen- und Blüthenstiele dieselben, während die Fruchtstiele so energisch negativ heliotropisch würden, dass ihr negativer Geotropismus davon völlig unterdrückt würde, vorausgesetzt, dass ein solcher überhaupt noch vorhanden wäre. Im letzteren Falle wäre der Gegensatz zwischen Blüthen- und Fruchtstiel nur bezüglich des Heliotropismus vorhanden. Man wolle hierzu jedoch die Angaben *Darwin's* vergleichen.

Mit denjenigen Cyclamen-Arten, deren Fruchtstiele sich spiralig aufrollen, habe ich bisher keine Versuche anstellen können. Die Ursachen, welche bei ihnen das auffallende einseitige Längenwachsthum der Stiele bedingen, sind wohl zweifellos innere. — Beiläufig sei hier bemerkt, dass, wenn man die Frucht zerstört, der Stiel keinerlei Aufrollung erfährt, sondern bald zu Grunde geht. Auch hier wird das ganze Verhalten des Stieles von der Frucht aus bestimmt.

Versuche mit Viola.

Als wichtigste Versuchspflanze aus dieser Gattung diente V. odorata, und zwar besonders die Form derselben, welche im Frühjahr in grosser Verbreitung auf Rasen in den Gärten vorkommt. An dieser Form traten die Bewegungen der Stiele am regelmässigsten ein. Daneben wurde auch die in den Gärten cultivirte grossblüthige Varietät derselben Art benutzt; weiterhin V. Rivini, canina u. a., welche sich aber im Ganzen nicht so günstig erwiesen, als die erstgenannten. Für diese gelten in erster Linie die zu machenden Mittheilungen; doch zeigen auch die übrigen genannten Formen ein ähnliches Verhalten.

Die Spitze des Blüthenstieles ist vollständig nach unten gekrümmt; der Fruchtknoten sieht entweder senkrecht oder doch stark geneigt nach unten, während die Oeffnung der zygomorphen

Blüthe auswärts und schwach nach unten gerichtet ist. (Taf. II, Fig. 2.)

An dieser Pflanze tritt uns zum ersten Male der Fall entgegen, dass die Krümmung des Blüthenstieles eine streng constante Beziehung zur Mutteraxe erkennen lässt. Die Neigung des Stieles ist stets von der letzteren abgewendet. Durch Torsionen können zwar Abweichungen von der normalen Lage eintreten, aber nie gehen diese weit; niemals habe ich wahrgenommen, dass die Nutation nach der Mutterpflanze hin gerichtet gewesen wäre. — Die beschriebene Lage hängt mit einem besonderen Bau des Stieles zusammen. Dieser ist vierkantig, und führt auf derjenigen Seite, welche an der Krümmung die convexe darstellt, seiner ganzen Länge nach eine Furche. Er trägt zwei Hochblätter, welche in seinem oberen Theile, meist in einiger Entfernung von der Krümmung stehen.

Die ganz junge Knospe sieht gerade oder geneigt aufwärts. Sobald der Stiel jedoch nur eine geringe Länge erreicht hat, beginnt der Process der Krümmung, in Folge deren die Knospe in die Lage gelangt, welche oben angedeutet wurde.

Bei der Krümmung des Stieles hat das Licht, soweit nachweisbar, keinen directen Einfluss. Bringt man Objecte mit gebogenen Stielen verschiedenen Alters in einen dunklen Raum, so bleibt die Lage der Knospe oder Blüthe unverändert. Daraus folgt zwar noch nicht, dass das Licht die Krümmung nicht bewirkt haben könnte; und es ist somit der weitere Versuch nothwendig, junge noch gerade Stiele im Dunklen wachsen zu lassen. Dieses Experiment, obschon wiederholt angestellt, ist mir niemals von Erfolg begleitet gewesen. Auch wenn die Pflanzen sorgfältig in Töpfen gezogen wurden, blieben die jungen Blüthenstiele, sobald die Pflanzen dem Dunkel ausgesetzt wurden, im Wachsthum stehen. — Aus bald zu besprechenden Versuchen wird sich jedoch ergeben, dass das Licht, wenn überhaupt, dann jedenfalls einen nur höchst unerheblichen directen Einfluss auf den Process der Krümmung haben kann.

Der Stiel ist ziemlich steif und widerstandsfähig. Kehrt man die Pflanze um, so behält die Blüthe trotz ihres verhältnissmässig hohen Gewichtes zunächst ihre Lage bei. — Schneidet man die Knospe oder Blüthe vom gekrümmten Stiel ab, so bewahrt derselbe, gleichviel ob im Hellen oder Dunklen, seine Form unver-

ändert; eine Geradstreckung findet niemals statt. — Es kann sonach das Gewicht der Blüthe, obwohl relativ beträchtlich, nicht wohl die directe Ursache der Krümmung sein. — Weiter folgt aus diesem Versuch, dass der seiner Blüthe beraubte Stiel keine Rectipetalität besitzt.

Die Nutation beruht auch hier auf positivem Geotropismus. Den Beweis dafür liefert das Verhalten der Stiele am Klinostat. Befestigt man nämlich Pflanzen mit schon gekrümmten Stielen an den auf die horizontale Axe desselben geschobenen Korkscheiben, und setzt sie im dunklen Raum der Drehung aus, so beginnt in den Blüthenstielen ein Wachsthumsprocess, dessen Ergebniss gewöhnlich darin besteht, dass die Oeffnung der Blüthe in Beziehung auf ihre einstige Lage im Freien mehr oder weniger nach oben gerichtet wird. Der Versuch gelingt jedoch nur dann, wenn die Stiele noch jung sind, wenn sie entweder Knospen, oder solchen Blüthen angehören, die sich erst kürzlich geöffnet haben. Ist ein gewisses Alter der Blüthe überschritten, dann findet kein Wachsthum der Stiele mehr statt; ein Umstand, den man auch bei allen im Nachfolgenden zu besprechenden Versuchen im Auge behalten wolle.

Die Wachsthumsvorgänge, welche die mit Blüthen oder Knospen versehenen Stiele am Klinostat beschreiben, verlaufen in verschiedener Art, sind meistens sehr eigenthümlich und oft höchst verwickelt. Es seien hier nur die am häufigsten vorkommenden Processe hervorgehoben, und bezüglich alles Weiteren auf die directe Beobachtung verwiesen.

Der einfachste Fall besteht darin, dass die bisher concave Seite der Krümmung ein überwiegendes einseitiges Längenwachsthum erfährt, in Folge dessen eine Streckung des Stieles eintritt. Ein derartiger einfacher Vorgang findet aber nur verhältnissmässig selten statt; und niemals habe ich beobachtet, dass der Stiel dadurch völlig gerade geworden wäre. Höchstens wurde vielmehr die Lage erreicht, welche in Fig. 24 auf Taf. I dargestellt ist. — Ungleich häufiger geht der Streckungsprocess in der Art von statten, dass nicht der ganze concave Abschnitt, sondern nur der vordere, der Blüthe zugewandte Theil desselben, und weiter die Innenseite des geraden ehemals abwärts gerichteten Stückes einseitig in die Länge wachsen, und dadurch etwa dieselbe Lage der Blüthe bedingen, welche im ersteren Falle erlangt wurde. (Fig. 6,

Taf. II.) Der Stiel wird hierbei nicht gerade, sondern besitzt vor der Blüthe eine zweifache, nach entgegengesetzten Seiten gerichtete Krümmung; der Wachsthums-Process geht aber hierbei ganz oder nahezu in der ursprünglichen Krümmungsebene vor sich.

Im zweiten Falle spielt sich der Vorgang in folgender Art ab. Es wächst der Stiel zunächst in der vorhin bezeichneten Art; dann aber findet, und zwar in überwiegender Weise, Wachsthum an einer der beiden mit der Krümmungsebene parallelen Seiten des Stieles statt. Folge davon ist die Krümmung des Stieles und Torsion desselben in der in Fig. 4, Taf. II angedeuteten Art. Die Lage der Blüthe wird dabei eine ähnliche, wie im ersten Falle; nur ist die Medianebene derselben um 180° gedreht. Es tritt die Blüthe bei dieser Form des Wachsthums aus der früheren Krümmungsebene heraus; bei fortgesetztem Wachsthum kann sie zwar annähernd wieder in die letztere gelangen; in der Regel geschieht dies aber nicht, sondern sie bleibt ausserhalb derselben. Die beigegebene kleine Figur 5 deutet die Lage des Stieles am Schluss des Versuches von oben gesehen an; sie zeigt, wie weit die Blüthe aus ihrer ursprünglichen Krümmungsebene gewichen ist.

Eine dritte, häufig vorkommende Form der Bewegung ist endlich folgende. Der Stiel wächst zunächst auf der Aussenseite der Krümmung und des geraden Theiles vor der Blüthe. Die letztere wird daher nach dem längeren geraden Theile des Stieles und an diesem vorbei geführt, ein Process, der so weit gehen kann, dass der Stiel eine vollständige Schlinge beschreibt. Nun beginnt aber, wie im vorigen Falle, die eine der beiden Stielseiten zu wachsen, welche der ursprünglichen Neigungsebene der Blüthe parallel gerichtet waren; es tritt eine Torsion ein, und die Schlinge wird theilweise wieder aufgelöst. Endlich gelangt auch hier die Blüthe in etwa die gleiche Lage, welche sie in den früheren Fällen erlangte; ihre Oeffnung würde, die Pflanze in aufrechte Stellung gedacht, nach oben sehen. (Fig. 23, Taf. I.)

Die eben beschriebenen drei Fälle sind die am häufigsten vorkommenden; neben ihnen treten noch weitere Bewegungsformen auf, die aber nichts als Combinationen der genannten darstellen, und daher nicht besonders besprochen zu werden brauchen. — Zu bemerken ist noch, dass alle diese Bewegungen nicht immer vollständig ausgeführt werden, sondern stillstehen können, nachdem die Blüthen beliebige Lagen erreicht haben.

Während die erörterten Processe an der Spitze stattfinden, erfährt der Stiel in einer weiter rückwärts liegenden, etwa auf der Höhe der Vorblätter befindlichen Region ein mässiges einseitiges Wachsthum, das aber ebenfalls keine Constanz zeigt. In Folge desselben wird der vordere Theil des Stieles mit der Blüthe mehr oder minder weit aus der geraden Richtung abgelenkt. Es folgt daraus, dass die straff aufrechte Haltung des Stieles unter normalen Verhältnissen im Freien durch die Schwerkraft verursacht wird. Hört der einseitige Einfluss derselben auf, so wachsen die verschiedenen Längsseiten nicht mehr gleichartig. Der Einfluss der Schwerkraft bedingt gewissermaassen einen Zustand von labilem Gleichgewicht im Wachsthum der Seiten; verändert sich ihre Wirkung, so wird dieses Gleichgewicht gestört.

Fassen wir das über die Bewegung der Stiele Gesagte zusammen, so ergiebt sich, dass die Krümmung an der Spitze des Stieles auf positivem Geotropismus beruht. Hebt man den einseitigen Einfluss der Schwerkraft auf, so treten im Innern des Stieles Kräfte in Aktion, deren Tendenz dahin geht, die Blüthe in eine solche Lage zu bringen, dass ihre Oeffnung, die Pflanze in die normale Stellung gedacht, nach oben sehen würde. Diese Lage der Blüthe kann erreicht werden lediglich durch ein erhöhtes Wachsthum der concaven Seite der Krümmung, oder durch dasselbe Wachsthum verbunden mit Torsion, oder endlich durch anfänglich gesteigertes Wachsthum der convexen Seite mit nachheriger Torsion. — Ob anfänglich in jedem Stiel, sobald man die Pflanze der Drehung aussetzt, eine einfache Geradstreckung erzielt wird, und die complicirten Bewegungsformen nur als Folgen von, etwa in der Textur des Gewebes liegenden, Hemmnissen zu betrachten sind, welche der Ausführung jener Streckung hindernd in den Weg treten; oder ob die verwickelteren Wachsthumsformen ebenfalls primär eingeleitet werden: darüber vermag ich nichts zu sagen. Wäre das erstere der Fall, so würden sämmtliche Stiele zu den rectipetalen Gebilden zu zählen sein; träfe dagegen das letztere zu, so würde man nur einen Theil der Stiele, die meisten aber nicht rectipetal nennen können. — Wie dem auch sei, Thatsache ist, dass durch Aufhebung der einseitigen Schwerkraftwirkung im Stiel ein Impuls ausgelöst wird, welcher der Blüthe die mehrfach bezeichnete Lage bezüglich ihrer Oeffnung zu geben strebt. Der Weg, auf welchem dies erreicht wird, er-

scheint gleichgültig; ebenso kommt offenbar die sonstige Orientirung der Blüthe nicht in Betracht. — Diese Umstände zusammen verleihen den Bewegungen der Blüthenstiele von Viola ein besonderes Interesse, zu dem sich jedoch, wie wir bald sehen werden, noch ein weiteres gesellt.

Wir wollen nunmehr das Verhalten der Stiele untersuchen, wenn die Objecte dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft zwar nicht entzogen, aber in abnormen Lagen ausgesetzt werden. Die im Nachfolgenden zu besprechenden Versuche wurden in der Art ausgeführt, dass die mit Blüthen oder Knospen versehenen Pflanzen oder Rhizomstücke mit Nadeln an grossen Korkscheiben festgespiesst, und diese auf die Mündungen schmaler Flaschen gelegt, oder an kleinen Haltern befestigt wurden. Die Flaschen oder Halter standen in einem Gefäss, dessen Boden mit einer Wasserschicht bedeckt war. Ueber diese Vorrichtung wurde eine Glasglocke gestellt, die innen mit feuchtem Fliesspapier ausgekleidet war, und beständig feucht erhalten blieb; das Ganze endlich wurde durch einen schwarzen Recipienten dem Lichteinfluss entzogen. Die Pflanzen selbst wurden während der ganzen Dauer des Versuches von Zeit zu Zeit mit Wasser bespritzt.

Zunächst wurden die Objecte so befestigt, dass die schon längeren, mit Knospen oder Blüthen versehenen Stiele eine horizontale Lage erhielten. Das Verhalten dieser Stiele war ein verschiedenes je nach dem Alter derselben. Solche, die mit noch nicht geöffneten Knospen versehen waren, krümmten sich in ihrem basalen Theile, meist dicht an der Mutterpflanze, energisch aufwärts. Dasselbe geschah mit den Stielen junger Blüthen, die sich erst kürzlich geöffnet hatten. An den etwas älteren dagegen blieb der hintere Theil des Stieles gerade, während sich der vordere, meist vor den Vorblättern gelegene, in mehr oder minder steilem Bogen aufrichtete, und so die Blüthe wieder in die normale Lage brachte (Tafel I, Fig. 26). Es erwies sich dabei gänzlich gleichgültig, ob die Krümmung an der Spitze des Stieles nach oben, unten oder seitwärts gerichtet war; stets erfuhr die Unterseite des Stieles das höchste Wachsthum.

In wieder anderen Fällen blieb der Stiel in seinem längern geraden Theile unverändert, und es wurde die neue Lage der Blüthe lediglich durch Wachsthum der Krümmung und des unmittelbar vor der Blüthe gelegenen geraden Stieltheiles bedingt.

Es geschah dies auch hier bald durch einfach erhöhtes Wachsthum einer Längsseite, bald durch Torsion, bald durch diese und jenes. Das Endergebniss war auch hier stets die normale Lage der Blüthe in Beziehung zum Erdradius. Einzelheiten anzuführen erscheint in Rücksicht auf das sogleich über solche Stiele, welche in verkehrter Stellung angebracht wurden, zu Sagende nicht nothwendig. In Fig. 25, Taf. I ist nur ein derartiger Fall dargestellt, in welchem die Blüthe durch gesteigertes Wachsthum der concaven Seite der Krümmung und Torsion des Stieles in ihre neue Lage gelangt war.

Nunmehr brachte ich die Pflanzen so an, dass die Stiele vertical nach unten gerichtet waren. Auch jetzt ergab sich ein verschiedenes Verhalten je nach dem Alter der Stiele. Die noch jungen krümmten sich in ihrem der Mutterpflanze nächsten Theile so stark, dass die ganze vordere Strecke senkrecht nach oben sah, ein Vorgang, durch den die Blüthe wieder in ihre natürliche Lage gelangte. — An den etwas älteren Stielen gelang die Aufrichtung an der Basis nur so weit, dass sie geneigte oder horizontale Stellung erlangten. Dann krümmte sich der mittlere oder vordere Theil in dem Maasse aufrecht, dass die Blüthe wieder in normale Stellung gelangte, und die Beugung an der Spitze dabei erhalten blieb. — An den noch weiter entwickelten Stielen endlich war der basale Theil des Stieles meist keiner Krümmung mehr fähig. In diesem Falle führte die vordere, in der Nähe der Hochblätter gelegene Region allein die Aufwärtsbewegung aus; oder diese war nicht vollständig und die Krümmung an der Spitze veränderte sich; oder endlich, es geschah das letztere allein. Die Art, wie dieser Process stattfand, wies dieselben Verschiedenheiten auf, welche früher an den am Klinostat gedrehten Objecten beobachtet wurden. Die endliche Lage der Blüthe war in allen Fällen dieselbe, sie sah nach unten; verschieden waren aber die Mittel, durch die diese Lage erreicht wurde. — Es konnte dies auch hier durch einfache Geradstreckung des Stieles geschehen (Fig. 22, Taf. I). Oder es konnte mit localer Streckung mehr oder minder weit gehende Torsion verbunden sein (Tafel II, Fig. 13, 13a und 14). Oder es konnte die letztere, im vordersten Theile des Stieles stattfindend, die ganze Lagenänderung der Blüthe allein bedingen. Oder endlich, es konnte ein so complicirter Wachsthumsprocess stattfinden, wie er oben beschrieben wurde, in welchem zunächst

durch Wachsthum der Aussenseite der Krümmung eine Schlinge gebildet wurde, zu der dann später Torsion trat. — Alle diese Erscheinungen kann man auch an jüngeren Stielen beobachten, wenn man die hinteren Theile derselben an kurzen Stäbchen befestigt, und dadurch das Inkrafttreten ihres negativen Geotropismus verhindert.

Ob die Ursachen, welche bei der langsamen Drehung die Lage der Blüthe bedingen, dieselben sind, die bei der Umkehrung der Objecte die gleiche Stellung hervorrufen, lässt sich mit voller Bestimmtheit nicht sagen. Doch ist die Gleichheit der Ursachen im hohen Grade wahrscheinlich, und zwar lässt sich dies aus der Analogie schliessen, welche die hier gefundenen Thatsachen mit den bei Narcissus beobachteten darbieten. In der That verhält sich mutatis mutandis der basale und mittlere Theil des Blüthenstieles von Viola wie der Schaft von Narcissus, die Krümmung vor der Blüthe bei ersterer wie der Blüthenstiel des letzteren. Auf den Schaft von Narcissus und den basalen Stieltheil von Viola, so lange derselbe noch wachsthumsfähig ist, wirkt die Schwerkraft ungleich schneller ein, als auf den apicalen Stieltheil der letzteren und den Blüthenstiel des ersteren. Bei abnormer Stellung der Pflanze treten an den erstgenannten Theilen geotropische Krümmungen ein, in Folge deren die Blüthen in ihre normale Lage gelangen. — Wird dagegen die Bewegung des Schaftes oder basalen Stieltheiles, gleichviel ob durch äussere oder innere Einflüsse, gehemmt, dann tritt bei abnormer Lage der Pflanze Bewegung des Blüthenstieles bei Narcissus, des vorderen gekrümmten Stieltheiles bei Viola ein. — Bei Aufhebung der Schwerkraftwirkung nehmen bei beiden Pflanzen die Blüthen eine solche Lage ein, dass ihre Oeffnung, die Pflanze in normale Lage gedacht, nach oben sehen würde; die gleiche Blüthenstellung wird erreicht, wenn man die Pflanzen in verkehrte Lage bringt, und die Bewegung des Schaftes bez. basalen Stieltheiles hemmt. — Bei Narcissus wird die Stellung der Blüthe in beiden Fällen durch Rectipetalität bedingt. Auf Grund dieses Umstandes und der sonstigen Analogie sind wir zu dem Schlusse berechtigt, dass auch an den in inverser Lage befestigten Blüthenstielen von Viola die Bewegung lediglich durch innere Momente, und nicht durch die Schwerkraft verursacht wird. Inwieweit man Recht hat, auch für die Blüthenstiele von Viola Rectipetalität anzunehmen, wurde schon früher besprochen.

An der Richtigkeit der eben entwickelten Anschauung wird dadurch nichts geändert, dass bei inverser Stellung des Schaftes die Blüthe von Narcissus in abnorme, die von Viola bei entsprechender Stellung des Stieles dagegen in normale Lage gelangt. Dieser Umstand hängt eben damit zusammen, dass bei aufrechter Stellung der Pflanzen die eine Blüthe transversal, die andere positiv geotropisch ist.

Wir haben nun noch das Verhalten solcher Stiele zu untersuchen, denen ihre Blüthen genommen sind. Die Regel, welche sich mir aus einer grossen Zahl von Versuchen ergeben hat, lautet: der seiner Blüthe beraubte Stiel beschreibt im Allgemeinen dieselben Bewegungen, welche der blüthentragende Stiel ausführt. Allein von dieser Regel giebt es mannigfache Ausnahmen. Zunächst zeigen alle älteren Stiele meistens keinerlei Bewegung, häufig auch solche, die unzweifelhaft noch gewachsen sein würden, wenn die Blüthe nicht entfernt worden wäre. Aber auch junge Stiele werden nicht selten, besonders in ihrem vorderen, gekrümmten Theile, bewegungslos; Vorkommnisse, die man sich nur so erklären kann, dass in Folge der Entfernung der Blüthe im Innern des Stieles Störungen verursacht werden, welche das Wachsthum verhindern.

Die mit den decapitirten Blüthenstielen angestellten Experimente wurden in derselben Art ausgeführt, wie die vorhin beschriebenen. Die Ergebnisse, wenn auch, wie erwähnt, im Allgemeinen nicht so rein, als in den genannten Fällen, waren doch häufig in hohem Grade überraschend. Auch hier kamen alle die Formen von Wachsthum vor, welche wir früher beobachtet haben, bald einfach einseitiges Längenwachsthum, bald Torsion, bald Combinationen beider. Und zwar erwies es sich dabei gänzlich gleichgültig, ob die Blüthe vollständig entfernt war, oder der Kelch am Stiele belassen wurde.

Auf die Beschreibung von Einzelheiten kann unter Hinweis auf früher Gesagtes verzichtet werden. Hier sei nur noch auf einige Abbildungen auf Taf. II verwiesen. In Fig. 12 und 16 sind zwei Fälle dargestellt, in welchen die in verkehrter Stellung angebrachten Stiele sich in ihrem basalen Theile negativ geotropisch aufgerichtet haben. In Fig. 17 hat die Spitze des Stieles eine Schlinge beschrieben; 17a giebt die Krümmung seitlich von vorn gesehen. Der Stiel in Fig. 15 hat sich an der Basis ein wenig

aufgerichtet, die weitere Bewegung aber an der Spitze vollzogen. In dem in Figur 18 dargestellten Falle hat die Krümmung nur an der Spitze stattgefunden; 18a giebt denselben Stiel, seitlich von hinten gesehen.

An der horizontalen Axe des Klinostats befestigt und der Drehung ausgesetzt, verhielten sich die Stiele in entsprechender Weise. Die Bewegung, welche ich hier vorzüglich wahrgenommen habe, war diejenige, in welcher der Stiel eine Schlinge beschrieb.

Soweit ich gesehen, verlieren die der Blüthen beraubten Stiele ihre Beweglichkeit früher, als die mit Blüthe oder Knospe versehenen. Jüngere Stiele, denen die Knospen genommen waren, die aber sonst von der Pflanze aus normal ernährt wurden, hatten ihre Wachsthumsfähigkeit verloren, nachdem sie zwei oder drei Tage bei Zimmertemperatur in aufrechter Lage zugebracht hatten. Gleichalterige Stiele mit Blüthen, unter den gleichen Bedingungen gehalten, zeigten noch volle Beweglichkeit. — An den decapitirten Stielen ging die Wachsthumsfähigkeit an der Spitze früher verloren, als an den weiter rückwärts liegenden Theilen, vorausgesetzt, dass dieselben noch genügend jung waren. Zu bemerken ist ferner noch, dass die ihrer Blüthen beraubten Stiele manchmal auffallend lange ihre grüne Farbe behalten und frisch bleiben können, während sie in anderen Fällen schon früh an der Spitze einschrumpfen.

Was nun die Ursachen anlangt, wesshalb sich die Stiele von Viola, wenn ihnen die Blüthen genommen werden, nicht negativ geotropisch aufrichten, so wage ich darüber nur Vermuthungen auszusprechen. Es wäre denkbar, dass sie überhaupt nicht negativ geotropisch werden; doch liesse sich ihr Verhalten auch in folgender Art erklären. Durch die Decapitation werden im Stiele Einflüsse ausgelöst, welche auf die Aufrichtung desselben hinzielen, allein die Wirkung jener Einflüsse ist eine so langsame, dass der Stiel zunächst noch derart wächst, als ob er die Blüthe führte. Treten endlich die fraglichen Ursachen in Kraft, so ist der Stiel, und zwar ebenfalls in Folge der Decapitation, schon unfähig geworden, zu wachsen. Er bleibt somit gekrümmt, trotzdem die Tendenz zu geotropischer Aufrichtung vorhanden ist.

Eine Reihe weiterer Experimente, welche ich mit den Blüthenstielen von Viola odorata angestellt habe, sind noch nicht so weit durchgeführt, um hier mitgetheilt werden zu können.

Schliesslich sei bezüglich der Stellung der Frucht noch bemerkt, dass sie annähernd die Lage beibehält, welche der Fruchtknoten in der Blüthe einnahm. Sie sieht mehr oder weniger geneigt nach unten, während die Stielkrümmung unverändert bleiben, oder auch theilweise eine Ausgleichung erfahren kann.

Versuche mit Aquilegia vulgaris.

Die ganz jungen Knospen dieser Pflanze sind gerade oder mit schwacher Neigung nach oben gerichtet; dann erfährt der Stiel eine Krümmung, in Folge deren die Knospe senkrecht nach unten sieht. In dieser Lage öffnet sie sich und verblüht. Nach stattgehabter Befruchtung beschreibt der Stiel eine Aufwärtsbewegung, so dass die Frucht wieder nach oben gerichtet ist.

Dass das Licht die beschriebenen Bewegungen nicht verursacht, folgt daraus, dass die Krümmungen der Knospenstiele auch im Dunklen stattfinden, und dass schon gekrümmte Stiele im Finstern keine Geradstreckung erfahren.

Einige Blüthenstände der rothen und blauen Varietäten, welche Blüthen und Knospen auf schon völlig gekrümmten Stielen führten, wurden unter Lichtabschluss am Klinostat der Drehung ausgesetzt. Schon am nächsten Tage hatten sich die Stiele der Blüthen gerade gestreckt; ihnen folgten die der Knospen und zwar dem Alter nach, die jüngsten zuletzt, so dass schliesslich alle Blüthen und Knospen auf geraden Stielen standen.

Auf Grund dieser Thatsachen darf man schliessen, dass die Krümmung der Blüthenstiele von Aquilegia auf positivem Geotropismus beruht, was schon *Frank* richtig angegeben hatte; ferner ergiebt sich daraus, dass die Stiele zu den rectipetalen Gebilden gehören.

Ob die Geradstreckung des Stieles bei der Fruchtreife lediglich auf negativem Geotropismus, oder auf Rectipetalität, oder auf einer combinirten Wirkung beider beruht, habe ich nicht näher untersucht.

Versuche mit Fritillaria.

Meine Beobachtungen erstrecken sich auf Fr. imperialis und Meleagris. Die erstere trägt bekanntlich an jedem Stengel mehrere Blüthen, je nach der Stärke desselben 3—5 oder 5—8, welche

in Scheinquirlen beisammen stehen. Fr. Meleagris dagegen besitzt Stengel mit je einer endständigen Blüthe. Die jungen Knospen stehen anfänglich auf geraden Stielen; bald aber erfahren die letzteren eine Krümmung, welche die Knospen in senkrecht abwärts gerichtete Lage bringt. Bei Fr. Meleagris ist die Beugung zunächst eine scharfe; später aber erweitert sie sich zu einem verhältnissmässig weiten Bogen. — In der angegebenen Lage entfaltet sich die Knospe; auch die junge Frucht verharrt zunächst in derselben. Später dagegen richtet sich der Stiel wieder empor, und trägt nun an seiner Spitze die nach oben sehende Frucht.

Die Abwärtskrümmung bei Fr. imperialis wird mit erheblicher Energie ausgeführt, wie man schon daraus sehen kann, dass der Stiel einer gewaltsamen Geradstreckung einen beträchtlichen Widerstand entgegensetzt. — Schneidet man von einem solchen Stiel die Blüthe ab, so behält er seine Lage bei oder krümmt sich noch stärker; später geht er zu Grunde, ohne sich gestreckt zu haben.

Der letztere Versuch wurde auch bei Fr. Meleagris ausgeführt. Auch hier blieb der Stiel längere Zeit gekrümmt; später dagegen streckte er sich nahezu völlig gerade, und zwar etwa zu derselben Zeit, als die Fruchtstiele ihre Aufrichtung begannen; weiterhin vertrocknete er ebenfalls. — Auf Grund dieser Thatsache wird es gestattet sein, das abweichende Verhalten der Stiele von Fr. imperialis so zu erklären, dass dieselben sich ebenfalls gestreckt haben würden, wenn sie genügend lange frisch geblieben wären; dass in den zu früh auftretenden Zersetzungserscheinungen das Hinderniss der Aufrichtung gelegen habe.

Von beiden Arten wurden Objecte in einem finstern Raume vertical-aufrecht untergebracht. In keinem Falle fand eine Aufrichtung der schon gekrümmten Stiele statt; die Lage der letzteren blieb vielmehr unverändert. — Als aber ein Stengel von Fr. imperialis unter sonst gleichen Bedingungen in verkehrter Stellung aufgehängt wurde, glich sich die Krümmung der Stiele soweit aus, dass die Blüthen in etwa horizontale Lage gelangten; in einzelnen Fällen sahen sie selbst mehr oder weniger geneigt nach unten.

Nun wurden die Stengel beider Pflanzen, welche Knospen mit schon gekrümmten Stielen führten, am Klinostat der Drehung ausgesetzt. In beiden Fällen fand Streckung statt. Bei Fr. Me-

leagris war diese fast vollständig; bei Fr. imperialis ging sie nur soweit, dass die Längsaxe der Blüthen etwa senkrecht zu der des Stengels gerichtet war.

Alle genannten Thatsachen führen zu der Ueberzeugung, dass auch die Krümmung der Blüthenstiele der beiden Fritillaria-Arten auf positiven Geotropismus zurückzuführen ist; dass ferner die Stiele Rectipetalität besitzen.

Worauf die Streckung der Fruchtstiele beruht, wurde auch hier nicht festgestellt. Vermuthlich wird dieselbe durch negativen Geotropismus und Rectipetalität bedingt.

Versuche mit Polygonatum multiflorum.[1])

Die mit Laubblättern und Blüthen reich besetzten Stengel dieser Pflanze wachsen senkrecht aufrecht aus dem Boden empor, krümmen sich aber bald mit ihrem oberen Theile in scharfem Bogen abwärts. Später, bei Entfaltung der Blätter, nimmt der letztere eine weit geöffnete Gestalt an, gewöhnlich derart, dass der apicale Theil des Stengels eine horizontale Lage erhält. Die Blüthen stehen in den Achseln der Laubblätter, und zwar sowohl an dem auf- als abwärts gerichteten Theile des Stengels. Im jugendlichen Knospenzustande ist ihre Richtung der des Stengels parallel; später dagegen krümmen sie sich unter allen Umständen senkrecht abwärts. Der Blüthenstiel beschreibt somit je nach seinem Ursprungsorte keine oder eine mehr oder weniger starke, oder selbst sehr scharfe Krümmung, welche stets von dem unmittelbar vor der Ansatzstelle gelegenen Theile ausgeführt wird.

Um zunächst über die Ursachen der Stengelkrümmung Klarheit zu erlangen, wurden kräftige, völlig gekrümmte Exemplare aufrecht mit ihrer Basis in mit niedrigen Wasserschichten versehene Gläser gestellt, und in einem dunklen Raume untergebracht. Der Vorsicht halber verwendete ich nur mit Rhizomstücken versehene Objecte. Dieselben entwickelten sich etwas weiter, die Blätter entfalteten sich theilweise, die Spitze des Stengels wurde dabei um ein Geringes aufwärts bewegt, allein eine völlige Aufrichtung der Stengel fand nie statt. Der Versuch wurde mehrfach

[1]) Vergl. hierzu *A. B. Frank.* Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen. Leipzig 1870. S. 5 und 21.

wiederholt und ergab stets das gleiche Resultat. Es ist daher anzunehmen, dass das Licht entweder die Krümmung nicht verursacht; oder, wenn dies dennoch der Fall sein sollte, dass der negative Geotropismus resp. die Rectipetalität nicht ausreichen, um die vorhandene Beugung auszugleichen. — Genau dasselbe gilt für die Krümmung der Blüthenstiele; auch diese behielten ihre Lage unter den angegebenen Bedingungen unverändert bei.

Nunmehr wurde die Prüfung auf den Einfluss der Schwerkraft vorgenommen. Kräftige Objecte, ebenfalls mit Rhizomstücken, wurden am Klinostat unter Lichtausschluss der Drehung ausgesetzt. — Unter diesen Verhältnissen fand eine Streckung der Stengel statt, durch welche die Krümmung zum grossen Theile ausgeglichen wurde. Jetzt aber trat gewöhnlich an der vor der ehemaligen Krümmung gelegenen, dieser zugewandten geraden Seite des Stengels ein erhöhtes Wachsthum ein, in Folge dessen sich derselbe nunmehr in einer Richtung krümmte, die der einstigen Neigung entgegengesetzt war. Diese Erscheinung wurde zwar nicht in allen, jedoch in den meisten Fällen beobachtet.

Was die Blüthenstiele anlangt, so ist darüber Folgendes zu bemerken. Waren an den Stengeln ältere, schon abwärts gebogene vorhanden, so behielten dieselben stets ihre Lage bei; eine Geradstreckung wurde niemals beobachtet. War dagegen noch keine Krümmung an den Blüthenstielen eingetreten, so entwickelten sich dieselben nebst den Blüthen weiter, indem sie die Richtung einhielten, welche sie der Anlage nach hatten. Eine Krümmung trat jetzt nicht ein.

Fasst man diese Thatsachen zusammen, so lässt sich schliessen dass sowohl die Nutation des Stengels als die der Blüthenstiele durch positiven Geotropismus verursacht werden. Ob bei der ersteren auch Heliotropismus, auf welchen *Frank* die ganze Beugung zurückführt, im Spiele ist, lasse ich einstweilen dahingestellt. — Eine vorhandene geotropische Krümmung des Stieles wird nach Aufhören des Schwerkrafteinflusses durch Rectipetalität wieder ausgeglichen; doch können unter diesen Bedingungen andere Erscheinungen von ungleichseitigem Längenwachsthum auftreten. Was dagegen den Blüthenstiel betrifft, so verliert derselbe entweder schon mit der Krümmung seine Rectipetalität, oder dieselbe ist, wenn noch vorhanden, so gering, dass die Ausgleichung einer vorhandenen Beugung dadurch nicht möglich ist.

Versuche mit Leucojum vernum.

Es sollen nun zwei Pflanzen besprochen werden, die systematisch zwar sehr nahe verwandt sind, bei denen aber der Process der Stielkrümmung auf gänzlich verschiedenen Ursachen beruht: Leucojum vernum und Galanthus nivalis. Mit der ersteren wollen wir beginnen.

Der mehr oder minder lange Schaft von wechselnder Stärke trägt an seiner Spitze eine aus zwei Blättern bestehende Scheide und die Blüthe. Die erstere ist anfänglich ringsum geschlossen und gerade nach oben gerichtet. Sie besteht aus zwei opponirten grünen Theilen, welche durch weisse häutige Streifen verbunden sind. Der Riss der Scheide, durch den von der Blüthe ausgeübten Druck verursacht, geschieht einseitig; und nach dem Heraustreten der letzteren krümmt sich die Scheide nach der Blüthe hin, ihren frischen Zustand noch lange bewahrend. Offenbar beruht diese Krümmung auf dem Eintrocknen und der dadurch verursachten Contraction der durchrissenen Theile der Scheide.

Der Blüthenstiel hat bei einem Durchmesser von 1—2 Mm. eine Länge von 30 – 50 Mm. Die Längen der Scheide und des Stieles zeigen kein constantes Verhältniss. Bald ist der fertige Stiel länger, bald etwa gleich lang, bald aber auch kürzer als die Scheide.

Der Blüthenstiel ist seiner grösseren Länge nach gerade oder schwach gebogen, an der Spitze dagegen scharf abwärts gekrümmt. In Folge dessen ist die Blüthe entweder senkrecht oder stark geneigt nach unten gerichtet. — Der Stiel ist verhältnissmässig fest; es schwankt auf demselben die Blüthe nicht, wie bei Galanthus nivalis. Entfernt man die Scheide, so behält der Stiel seine Lage unverändert bei.

Innerhalb der Scheide ist die junge Blüthe gerade aufwärts gerichtet. Die Abwärtskrümmung des Stieles erfolgt gleich nachdem die Knospe die Scheide verlassen hat.

Um zunächst über die Bedeutung des Gewichtes der Blüthe für den Krümmungsprocess Klarheit zu erlangen, stellte ich verschiedene Versuche an.

Bringt man ein Object mit schon gekrümmtem Stiel in umgekehrte Stellung, so verändert in der nächsten Zeit die Blüthe ihre Lage nicht oder nur sehr wenig; eine Veränderung tritt erst

ein, wenn die Pflanze längere Zeit in der angegebenen Stellung verharrt hat. Um dies zu ermöglichen, wurden kräftige mit Zwiebeln versehene Objecte verkehrt im Glashafen aufgehängt, oder in Töpfe gesetzte Exemplare in inverser Lage am Stativ befestigt, und der Geotropismus des Schaftes durch angehängte Gewichte eliminirt. Nach Verlauf von 12—18 Stunden hatte sich stets die Blüthe nach unten gerichtet; der Stiel war dabei entweder gerade geworden, oder hatte nur eine schwache Krümmung beibehalten. Eine negativ geotropische Aufwärtskrümmung des ehemals unteren oder mittleren Stieltheiles wurde niemals beobachtet. — Brachte ich nunmehr die Pflanze wieder in ihre normale Lage, so behielt die Blüthe ihre eingenommene Stellung gänzlich oder nahezu bei; eine neue Abwärtskrümmung trat nicht ein. Aus diesen Thatsachen ging hervor, dass der Blüthenstiel seine Beweglichkeit bald verliert.

Dass aber der Stiel zu der Zeit, wenn die Blüthe sich eben geöffnet hat, noch einer schwachen geotropischen Krümmung fähig ist, zeigte sich, als ich ihn in horizontale Lage brachte. Die Ausführung des Versuches geschah in gewohnter Art. Die Pflanze wurde auf eine Korkplatte gelegt, und der vordere Theil des Schaftes mit Nadeln derart befestigt, dass bei verticaler Krümmungsebene die Blüthe nach unten sah. Das Ganze wurde selbstverständlich dem Lichteinfluss entzogen. — Nach Verlauf eines Tages hatte sich der ganze früher gerade Theil des Stieles aufwärts gekrümmt, und zwar so weit, dass die Linie, welche den höchsten Punkt der Krümmung mit der Ansatzstelle des Stieles verband, mit der Horizontalen einen Winkel von etwa 20° bildete, eine Lage, welche sich zunächst nicht veränderte. Als aber nach einiger Zeit die Blüthe plötzlich vom Stiel getrennt wurde, erhob sich der letztere rasch, bis der vorhin erwähnte Winkel um etwa 15° vergrössert war. In dieser Lage blieb der Stiel bis zum Eintrocknen. — Aus diesem Versuche geht hervor, dass das Gewicht der Blüthe erheblich genug war, um den Stiel um die letztgenannte Winkelgrösse abwärts zu ziehen, dass es der im Stiel vorhandenen Spannung das Gleichgewicht zu halten im Stande war. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass die scharfe Beugung des Stieles vor der Blüthe keinerlei Veränderung wahrnehmen liess.

Um in die Beziehung des Gewichtes zu der oben genannten Krümmung einen weiteren Einblick zu erhalten, entfernte ich im

Freien eine Anzahl Blüthen von ihren Stielen. Dem Zuge, den das Gewicht der Blüthe ausübte, entsprechend glich sich die Krümmung meist alsbald um ein Geringes aus. Nach und nach konnte die Geradstreckung des Stieles noch weiter gehen, allein in allen von mir beobachteten Fällen, — und es waren dies über ein Dutzend, — behielt der Stiel an seiner Spitze eine mehr oder minder ausgeprägte hakenförmige Krümmung. Der Geotropismus des längeren Stieltheiles erwies sich auch hier nur verhältnissmässig schwach. Selbst wenn der Schaft eine stark geneigte Stellung hatte, richtete sich der Stiel nur wenig aufwärts.

Aus allem bisher Angeführten folgte mit vieler Wahrscheinlichkeit, dass die Lage der Blüthe durch positiven Geotropismus des oberen, unmittelbar vor der Blüthe gelegenen Stieltheiles verursacht werde. Um mich hierüber noch mehr zu vergewissern, und zugleich den Stiel auf Rectipetalität zu prüfen, wurden zwölf Objecte am Klinostat der Drehung ausgesetzt. Ein Theil der Pflanzen hatte Blüthenknospen mit schon völlig gekrümmten Stielen, bei anderen waren die letzteren nur erst schwach gebogen. In den meisten Fällen wurde die Scheide, um jede durch sie etwa verursachte Hemmung der Bewegung zu vermeiden, vorsichtig bis zu ihrer Ansatzstelle entfernt; dasselbe geschah mit den Blättern, im Uebrigen aber blieben die Pflanzen unversehrt. Die Drehung selbst geschah, was kaum noch hinzugefügt zu werden braucht, im Dunklen.

Als Resultat dieses Versuches ergab sich, dass die noch fast geraden Stiele ihre Lage nicht veränderten, während alle gekrümmten Stiele eine Streckung erfuhren. Wie bei Narcissus, so war auch hier das Wachsthum der concaven Seite des Stieles verschieden. Eine völlige Geradstreckung trat in keinem Falle ein. Der Axenwinkel betrug am Schlusse des Versuches, annähernd bestimmt, bald einen Rechten, bald weniger, bald sogar erheblich weniger. Die Blüthen hatten sich während der Drehung normal geöffnet.

Aus dieser Thatsache folgt, dass der Blüthenstiel von Leucojum vernum mit Rectipetalität ausgerüstet ist, die sich offenbart, sobald der einseitige Einfluss der Schwerkraft aufgehoben wird. Es ergiebt sich weiter, dass die Krümmung an der Spitze des Stieles auf positivem Geotropismus beruht, der sonach bei verticalaufrechter Stellung grösser ist, als die Rectipetalität. In welchem

genaueren Verhältniss aber die letztere und die Schwerkraft zu einander stehen, habe ich nicht untersucht; ebenso wenig, ob und eventuell einen wie grossen Einfluss das Licht auf die Bewegungen des Stieles auszuüben vermag. — Im Ganzen stellt die Pflanze kein günstiges Untersuchungsobject dar. Sie setzt den Störungen, welche das Experiment mit sich bringt, keinen grossen Widerstand entgegen; und es treten sehr häufig abnorme Erscheinungen auf.

Hat in der Blüthe eine Befruchtung stattgefunden, so streckt sich der Stiel allmälig, während der Fruchtknoten anschwillt, bis endlich nur noch eine sehr schwache Krümmung an der Spitze des Stieles vorhanden ist. Gewöhnlich sinkt die Frucht bei zunehmendem Gewicht zu Boden; und da dieselbe somit in sehr verschiedene Stellungen gelangt, so ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Lage als solche einen irgendwie erheblichen Einfluss auf die Entwickelungsvorgänge im Fruchtknoten ausübt.

Zum Schluss sei hier noch einer eigenthümlichen Erscheinung gedacht. In seltenen Fällen kommt es vor, dass die Scheide in ihrem oberen Theile nicht vollständig platzt, und die Spitzen der Perigonblätter zurückhält. Es tritt dann nur der übrige Theil der Blüthe mit dem Stiel aus der Scheide; ein Aufblühen kann jedoch nicht stattfinden. Diejenige Seite des Stieles, welche zur convexen geworden wäre, vermag ihr Wachsthum in normaler Weise nicht zu befriedigen; sie bildet daher mehr oder minder tief einschneidende, häufig sehr zahlreiche Querfalten, während die entgegengesetzte Seite unter hohe Spannung geräth. — Es liefert uns diese Thatsache einen neuen Beleg für die schon früher gewonnene Erfahrung, dass der Einfluss einer constant und im gleichen Sinne wirkenden Kraft nicht einfach durch mechanische Mittel aufgehoben werden kann.

Versuche mit Galanthus nivalis.

Diese Art gleicht der zuletzt behandelten in vielen Punkten; in anderen dagegen zeigen sich erhebliche Abweichungen. Der Bau der Scheide, das Zerreissen, die Krümmung derselben, die endliche Lage der Blüthe sind den bei Leucojum beobachteten Verhältnissen im Wesentlichen gleich. — Dagegen ist das Verhalten des Stieles abweichend. Die Länge desselben beträgt 20

bis 25 Mm. bei einem Durchmesser von 0,5—1 Mm. Sein unterer Theil ist, wie bei Leucojum, von der Scheide umschlossen; nur der mittlere und obere ragen aus der letzteren hervor. Auch hier krümmt sich meistens der vor der Blüthe gelegene Theil im Bogen abwärts; der ganze übrige Theil kann straff emporragen oder eine mässige Krümmung erfahren. Die Blüthe hängt schlaff am Stiel; ein Luftzug, eine schwache Erschütterung genügen, um sie in schaukelnde Bewegung zu versetzen. Kehrt man die Pflanze um, so nimmt alsbald die Blüthe eine nahezu oder gänzlich nach unten gerichtete Lage ein; doch wird die Krümmung des Stieles dabei nicht völlig ausgeglichen, sondern es beschreibt der vordere Theil desselben die Gestalt eines schwach gebogenen S. Dasselbe geschieht auch dann, wenn man die Pflanze längere Zeit in umgekehrter Lage verharren lässt und den Geotropismus des Schaftes unwirksam macht.

Einer Anzahl von Objecten im Freien wurden ihre Blüthen genommen. Das Verhalten der Stiele glich dem bei Leucojum unter ähnlichen Verhältnissen beobachteten, nur richteten sie sich, wenn sie an dem längeren freien Theile gekrümmt waren, mehr oder weniger empor.

Entfernt man die Scheide vorsichtig bis zu ihrer Ansatzstelle, so erweist sich der Stiel in seinem unteren Theile manchmal stark genug, um seine bisherige Lage beizubehalten; in anderen Fällen ist er jedoch zu schwach, und wird durch die Blüthe in weitem Bogen abwärts gezogen.

Aus den angeführten Thatsachen, besonders aus dem Verhalten der Stiele bei Umkehrung der Objecte, folgt, dass es das Gewicht der Blüthe ist, welches die letztere an dem schwachen Stiel in die abwärts gerichtete Lage bringt. Insofern bietet sich uns in den Blüthenstielen von Galanthus ein Fall dar, wie wir ihn bisher noch nicht beobachtet haben. Hier trifft zu, was man irriger Weise für die Knospenstiele von Papaver glaubte annehmen zu können. — Ob nicht aber diesem äusseren Moment noch ein anderes zu Hülfe kommt, ob nicht die Schwerkraft im jungen Stiel Vorgänge auslöst, in Folge deren derselbe sich activ abwärts krümmt: darüber vermag ich nichts Bestimmtes anzugeben. Doch scheint es mir, als sei eine derartige Annahme durchaus gerechtfertigt, und zwar sowohl im Hinblick auf das Verhalten decapitirter Stiele, die ihre Krümmung an der Spitze beibehalten, als

auch auf die sonstige grosse Analogie, welche die Pflanze in fast allen Punkten zu Leucojum vernum darbietet.

Mit den oben gemachten Angaben stimmt das Verhalten der Objecte am Klinostat überein. Als eine Anzahl derselben der Drehung ausgesetzt wurde, fand sich, dass die meisten der Blüthen bei jeder Lage des Schaftes abwärts hingen. Nur ganz vereinzelt liess sich ein allmäliges Starrwerden der Stiele beobachten, ein Vorgang, bei welchem sich dieselben nahezu gerade streckten. — Diese Erscheinung dürfte höchst wahrscheinlich darin ihren Grund haben, dass die Stiele in Folge der beständigen Bewegung nach den verschiedensten Richtungen, welche durch die Drehung hervorgerufen wird, erstarken; und nun Rectipetalität zeigen, welche sonst an den schwachen Stielen nicht sichtbar wird, obgleich sie vielleicht immer, wenn auch nur in geringem Maasse, vorhanden ist.

Was endlich die Frucht und ihren Stiel anlangt, so zeigen dieselben die gleichen Bewegungen und Lagenänderungen, welche wir schon bei Leucojum vernum beobachtet haben.

Versuche mit Helleborus.

Meine Beobachtungen an dieser Gattung erstrecken sich auf die Arten H. foetidus, purpurascens und abschasicus. Alle drei zeigen ein in mancher Beziehung ähnliches Verhalten, wie Galanthus nivalis.

H. foetidus besitzt bekanntlich einen reichverzweigten Blüthenstand, dessen Hauptaxe und seitliche Glieder sämmtlich mehr oder weniger nach einer Seite überneigen. Die Endglieder des Verzweigungs-Systems, die Blüthen, haben in der Jugend entweder horizontale Stellung, oder sind unter sehr verschiedenen Winkeln abwärts gerichtet. Diese Lagen beruhen aller Wahrscheinlichkeit nach auf activem einseitigem Längenwachsthume der betreffenden Stengeltheile und Blüthenstiele. Kehrt man einen solchen Blüthenstand um, so behalten die sämmtlichen Theile desselben ihre Lage bei, oder verändern sie nur sehr wenig. Dies gilt, wie man sich leicht überzeugen kann, auch von den Blüthenstielen, selbst wenn sie schon beträchtliche Länge erreicht haben.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Blüthen in der Entwickelung weiter vorgeschritten, wenn sie geöffnet sind. Finden dieselben dann nicht in dem Gedränge der Nachbarblüthen

Widerstand, so nicken sie alle mehr oder weniger steil abwärts. — Kehrt man jetzt den Blüthenstand um, so geben die Blüthenstiele passiv dem verhältnissmässig beträchtlichen Gewichte der Blüthen nach, und die Oeffnungen der letzteren richten sich nach unten; der Stiel erscheint jetzt bis zu einem gewissen Grade schlaff. In diesem Alter spielt also das eigne Gewicht der Blüthe für die Lage derselben unzweifelhaft eine massgebende Rolle.

Der schlaffen Haltung des Stieles entspricht sein äusserer und innerer Bau vollständig. Die Oberfläche desselben ist ringsum, besonders in seinem vor der Blüthe gelegenen Theile, mit mehr oder minder zahlreichen und wechselnd tiefen Querfalten versehen. Fertigt man Querschnitte solcher Stiele an, so ergeben sich folgende Verhältnisse. Ein kleinzelliges Mark, dessen Elemente dicht zusammenschliessen, und das nur geringen Umfang besitzt, ist von wenigen Gefässbündeln umgeben. Von beträchtlicher Entwickelung dagegen ist die chlorophyllführende Rinde. Die äusseren und manchmal auch die mittleren Zellenlagen derselben lösen sich in ihren Tangentialwänden von einander, und stellen nun dem Stielumfang mehr oder minder regelmässig parallel verlaufende Platten dar, welche in radialer Richtung eine, zwei oder auch mehrere Zellenschichten mächtig sind; die Intercellularräume zwischen diesen Platten besitzen eine verschiedene, manchmal sehr beträchtliche Grösse. Wie der radiale Längsschnitt lehrt, haben die Platten einen stellenweise wellenförmigen Verlauf, an welchem die Epidermis theilnimmt. Sie und die letztere sind es, welche die Faltenbildung der Oberfläche hervorrufen.

Dieser Bau, welcher offenbar mit der schlaffen Haltung im Zusammenhang steht, findet sich nicht nur an den Blüthenstielen, sondern manchmal auch noch an den Verzweigungen nächstniederer Ordnung; er fehlt dagegen der Hauptaxe und deren stärkeren Seitengliedern. Wellen- und daneben beulenförmige Auftreibungen finden sich ausserdem noch an der Aussenseite der Kelchblätter und vielfach auch der Bracteen.

Die eben beschriebenen Verhältnisse kehren der Hauptsache nach wieder bei den ebenfalls reichen Blüthenständen von Helleborus abschasicus und den wenigblüthigen von H. purpurascens. An Pflanzen der letztgenannten beiden Arten schnitt ich wiederholt Blüthen von ihren Stielen ab. Nach Entfernung der Last hoben sich die letzteren eine Strecke empor, blieben aber ge-

krümmt, und behielten fortan die so gewonnene Lage unverändert bei.

Ein kleiner Blüthenstand von Helleborus foetidus wurde am Klinostat der Drehung ausgesetzt. Die Blüthen veränderten ihre Lage je nach dem Ort, den sie bei der Rotation erhielten; sie hingen auf schlaffen Stielen mehr oder weniger nach unten.

Dasselbe Experiment wurde mit den Blüthenständen von H. purpurascens angestellt. Anfangs verhielten sich auch hier die Stiele, wie die der vorigen Art; doch zeigten sie später ein eigenthümliches Verhalten. In der ersten Zeit der Drehung erschienen dieselben ebenfalls schlaff, nach und nach aber nahmen sie eine feste Lage an, und schwankten nicht oder nur unbedeutend mehr auf den Stielen. Verglichen mit ihrer ursprünglichen Lage, von welcher eine Zeichnung angefertigt war, hatten sich die Stiele so weit gerade gestreckt, dass die Blüthenöffnungen jetzt geneigt nach oben gerichtet waren.

Trotzdem ich die angegebene Thatsache an mehreren Objecten beobachtet habe, möchte ich ihr Vorkommen doch nicht als Regel ansprechen. Es können darüber erst weitere Erfahrungen entscheiden. Von vornherein bietet die Vorstellung einer unter den angegebenen Verhältnissen allmälig eintretenden Erstarkung des ursprünglich schwachen Stieles keinerlei Schwierigkeiten. Bekanntlich hat schon *Knight*[1]) die Beobachtung gemacht, dass Bäume, welche häufig von Winden gleicher Richtung heimgesucht werden, in dieser Richtung eine überwiegende Verdickung des Stammes erfahren. Die öftere Erschütterung und Dehnung im gleichen Sinne hat hier also ein erhöhtes Wachsthum zur Folge. — Es ist klar, dass auch die schwachen Stiele unserer Pflanze in ähnlicher Art erstarken könnten. Die beständige Bewegung und die damit verbundene Zerrung der Gewebe könnten auch hier einen gesteigerten Nahrungszufluss und damit das Starrerwerden des Stieles bedingen. — Einstweilen muss ich jedoch das Ganze als Möglichkeit hinstellen. Ausser den angegebenen sprechen übrigens noch andere Beobachtungen dafür, dass in der That Verhältnisse der angedeuteten Art vorkommen.

Sehen wir jedoch einstweilen von diesem Gegenstande ab, so

---

[1]) *T. A. Knight.* Account of some experiments on the descent of the sap in trees. In Philosophical Transactions etc. London 1803.

gehören die genannten Helleborus-Arten, zu denen sich wahrscheinlich auch die meisten übrigen Glieder der Gattung gesellen, zu den seltenen Fällen, in welchen die Lage der Blüthe durch den Zug verursacht wird, welchen das eigene Gewicht derselben auf den schwachen Stiel ausübt; die Krümmung des letzteren ist hier also ein passiver Vorgang.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Früchte entweder dieselbe Lage beibehalten, welche die Blüthen einnahmen, oder dass sie sich in Folge einer geringen Geradstreckung des Stieles etwas emporheben.

Versuche mit Asphodelus luteus.

An dem aufrechten, reichen, traubenförmigen Blüthenstande sind die Knospen anfänglich vertical nach oben gerichtet. Kurz vor und während des Aufblühens krümmt sich der Blüthenstiel so weit, dass das nach dem Oeffnen radförmige Perigon geneigt nach unten sieht. — Geht eine Befruchtung von statten, so richtet sich der Stiel wieder nach oben, die Frucht aufrecht an seiner Spitze tragend. Findet dagegen keine Befruchtung statt, so bleibt er bis zum Abfallen abwärts gekrümmt.

Die Untersuchung der Ursachen der beschriebenen Krümmung ergab ein überraschendes Resultat. Es wurden nach einander drei der grossen mit zahlreichen Knospen und einzelnen Blüthen besetzten Blüthenstände der Bewegung am Klinostat ausgesetzt, nachdem alle gekrümmten Blüthen sorgfältig mit Marken versehen waren. Während der Drehung wurde jede Lichtwirkung ausgeschlossen. — Es stellte sich nun heraus, dass die Krümmung der Stiele während der Rotation in genau derselben Weise ausgeführt wurde, wie bei aufrechter Stellung im Freien. Viele der Knospen waren noch sehr jung, als die Objecte am Klinostat befestigt wurden; und hatten dem entsprechend noch ein langes Entwickelungsstadium zu durchlaufen. Dies geschah, soweit sich äusserlich wahrnehmen liess, in regelmässiger Art, und dabei fand, wie erwähnt, die Stielkrümmung statt. — Die letztere beruht hier demnach nicht auf einem directen Einfluss der Schwerkraft, sondern auf spontanem Wachsthum der Oberseite des Stieles, auf Epinastie. Worin diese ihre Ursache hat, kann ich zur Zeit nicht sagen. Man könnte sich denken, dass sie lediglich durch innere

Momente herbeigeführt würde; es wäre aber auch möglich, dass sie eine Nachwirkung der Schwerkraft darstellte, welchen die letztere auf den jungen noch geraden Stiel ausgeübt hätte. Welche dieser Möglichkeiten zutrifft, vermag ich auf Grund meiner Experimente nicht anzugeben, da die zu diesen verwendeten Objecte zwar sehr junge, aber keine während der Drehung neugebildete Knospen besassen. Uebrigens glaube ich auf Grund einer alsbald anzuführenden Thatsache annehmen zu dürfen, dass die fragliche Krümmung auf inneren Ursachen beruht.

Es fand sich nämlich weiter, dass in drei Fällen im Apparat eine Anschwellung des Fruchtknotens erfolgte, während welcher die Stiele sich nach der Spitze des Blüthenstandes hin gerade streckten. Die diese Streckung verursachende Hyponastie geschah gänzlich unabhängig von Schwere und Licht, und wurde offenbar vom Fruchtknoten aus bedingt. — Ist dies aber der Fall, dann dürfte höchst wahrscheinlich auch die anfänglich auftretende Epinastie des Blüthenstieles durch innere Momente hervorgerufen werden.

Ein weiteres Experimentiren mit dieser interessanten Pflanze wurde mir durch den Mangel an Material unmöglich gemacht; und so muss ich mich einstweilen mit den angeführten, dürftigen Angaben begnügen.

Versuche mit Allium controversum.

Der unten mit Blättern besetzte Schaft dieser Pflanze führt mit seinem oberen Theile höchst auffallende Bewegungen aus. Der Blüthenstand ist in der Jugend von einer langen Scheide eingehüllt, und anfänglich senkrecht nach oben gerichtet. Sobald der Schaft jedoch eine mässige Länge erreicht hat, beginnt er sich an seiner Spitze zu krümmen. Die Beugung beträgt aber hier nicht einen Halbkreis, sondern um einen ganzen Kreis mehr; der Blüthenstand ist dabei nach unten gerichtet. Die Krümmung verläuft ihrer ganzen Länge nach ziemlich gleichförmig; von dem vertical-aufrechten Theile ist sie fast scharf abgesetzt. (Taf. II, Fig. 1.)

Durch welche Ursachen diese eigenthümliche Bewegung hervorgerufen wird, ist mir zur Zeit nicht bekannt. Ich wurde auf diese Erscheinung erst aufmerksam, als kein junges ungekrümmtes Material mehr vorhanden war; und die Untersuchung der schon

fertigen Bildungen führte zu keinem entscheidenden Resultat. Es wäre denkbar, dass die Schwerkraft den Vorgang auslöste, dass derselbe dann aber spontan weiter fortgeführt würde, als es die Lage des jungen Blüthenstandes verlangt. Die letztere aber kommt, was kaum zu bezweifeln, dabei wesentlich in Betracht; sie ist constant dieselbe, und scheint das eigentlich bei dem ganzen Vorgange Erstrebte zu sein. — Das Licht dagegen dürfte wohl schwerlich von massgebendem Einfluss sein.

Nur zwei Versuche wurden mit dieser Pflanze angestellt. Erstens wurden Objecte vertical-aufrecht im dunklen Raume untergebracht, zweitens unter Ausschluss der Lichtwirkung der Rotation am Klinostat ausgesetzt. In beiden Fällen zeigte die Krümmung keinerlei Veränderung. Nur an den gedrehten Exemplaren fand an dem geraden Theile des Schaftes vor der Krümmung, und zwar auf der dieser zugewandten Seite, ein mässig erhöhtes Längenwachsthum statt. Als diese Objecte nach mehrtägigem Drehen wieder in normale Stellung gebracht wurden, blieben sie bezüglich der Krümmung zunächst unverändert; später aber streckten sie sich in regelmässiger Art gerade.

Naht nämlich die Blüthezeit, so wird die Krümmung allmälig ausgeglichen, bis schliesslich der sich entfaltende Blüthenstand senkrecht nach oben sieht. Der Process der Ausgleichung selbst verläuft in der Art, dass diejenigen Partieen der Krümmung, welche dem verticalen Theile des Schaftes am nächsten liegen, durch Wachsthum der concaven Seite eine Streckung erfahren, und sich aufwärts richten. Gleichzeitig beginnt aber ein erhöhtes Wachsthum der ganzen concaven Seite der Krümmung, in Folge dessen die letztere immer weiter wird, und den Blüthenstand an der Spitze in die verschiedensten Lagen bringt. Endlich hängt der obere Theil des Schaftes nur noch in weitem Bogen abwärts, bis auch dieser ausgeglichen wird, und der Blüthenstand senkrecht nach oben gerichtet ist.

Ob bei dem geschilderten Vorgange auch die convexe Seite der Krümmung noch wächst, wurde nicht festgestellt. Ebenso bin ich über die Ursachen der Geradstreckung noch im Unklaren. Aller Wahrscheinlichkeit nach beruht dieselbe auf einer combinirten Wirkung von Schwerkraft und Rectipetalität; doch habe ich zur Feststellung der Wirkungsgrössen der einzelnen Kräfte noch keine Versuche ausgeführt.

Die weitere Untersuchung der Bewegungen dieses interessanten, möglicher Weise echt curvipetalen Objectes behalte ich mir vor.

Versuche mit Erodium cicutarium.

Diese Pflanze beansprucht darum ein besonderes Interesse, weil die Art ihres gesammten Wachsthums, sowohl der vegetativen Sprosse, als der Blüthenstiele, vorwiegend durch das Licht bestimmt wird.

Die Tracht des Erodium ist eine verschiedene je nach dem Standort, an dem es vorkommt. Ist die Pflanze wenig dem intensiven Sonnenlicht ausgesetzt, und dabei von emporstrebenden Nachbarn umgeben, so wachsen ihre Sprosse mehr oder minder und selbst senkrecht nach oben. Bewohnt sie dagegen helle und sonnige Standorte, so erheben sich ihre Triebe weniger vom Boden, und zwar um so weniger, je isolirter sie wächst. Ist sie endlich einer sehr starken und langen täglichen Beleuchtung ausgesetzt, so legen sich die Zweige dem Boden an, und wachsen auf diesem hin, nur ihre vorderen Theile schwach emporhebend. Besonders instructiv sind solche Exemplare, welche vereinzelt auf steinigem Boden vorkommen, und während des ganzen Tages vom hellen Sonnenlichte getroffen werden, wie ich sie an einem bestimmten Standorte bei Basel beobachten konnte. Solche Pflanzen legen ihre Sprosse dem Boden dicht an; sie stellen dann häufig stattliche Zweigrosetten dar. Besonders solche Objecte waren es, welche ich zu meinen Versuchen verwendete.

Die bilateralen Sprosse der Pflanze sind in bekannter Art mit gefiederten Blättern besetzt. Diese stehen alternirend in zwei Reihen, so zwar, dass sie an den mehr oder minder geneigten Sprossen die beiden Horizontal-Seiten einnehmen. Jedes Blatt entspringt einem stark entwickelten Knoten; der untere Theil jedes oberen, und der obere Theil jedes unteren Internodiums sind beträchtlich verdickt; ganz besonders gilt dies von dem ersteren, an dem sich die Verdickung auch auf weitere Strecke ausdehnt. Die Internodien haben je nach ihrem Ort am Spross und der Energie des Wachsthums des letzteren eine wechselnde Länge und Stärke. — Liegen die Sprosse dem Boden an, so haben auch die Blätter eine horizontale Lage mit aufwärts gerichteter Oberseite.

Der anatomische Bau von Knoten und Internodium ist ein radiärer.

Abgesehen von den ersten, der Basis nahen Blättern, entspringt in der Achsel jedes derselben ein Blüthenstand; ausserhalb des letzteren, nach dem Blatte zu, entstehen weiterhin vegetative Sprosse, welche das Wachsthum der Mutteraxe in jeder Beziehung wiederholen. Der Blüthenstand stellt scheinbar eine Dolde [1]) dar, welche gewöhnlich 5—7 Blüthen führt, deren Zahl jedoch höher steigen aber auch auf 2 herabsinken kann.

Ehe wir zu den Bewegungen der Dolden- und Blüthenstiele übergehen, soll versucht werden, die eben besprochenen Lagenverhältnisse der vegetativen Sprosse auf ihre ursächlichen Bedingungen zurückzuführen.

Was zunächst die verschiedenen Grade der Neigung der Sprosse zur Verticalen anlangt, so werden dieselben verursacht durch eine combinirte Wirkung von Licht und Schwerkraft. Einer starken Beleuchtung gegenüber erweisen sich die Triebe als negativ heliotropisch, und zwar in einem solchen Maasse, dass der ebenfalls vorhandene negative Geotropismus überwunden wird. Bei allmäliger Abnahme der Beleuchtung dagegen macht sich der letztere mehr und mehr geltend, bis er in völliger Dunkelheit allein in Kraft tritt. — Die Richtigkeit dieser Anschauung folgt aus Beobachtungen und Experimenten, welche zu dem Ende angestellt wurden.

Nach einem sehr hellen und sonnigen Tage im Monat Juni wurden junge Pflanzen, welche an dem oben genannten Standorte dem Boden dicht anlagen, mit längeren Wurzelstücken emporgehoben, mit den letzteren in Wasser führende Gefässe gestellt, und in ihrer normalen Lage dem Dunkel ausgesetzt. Es zeigte sich nun die auffallende Erscheinung, dass die bis zum Beginn des Versuches horizontalen Sprosse sich ihrer ganzen Länge nach, und zwar sehr energisch abwärts krümmten. Diese Bewegung dauerte etwa 2—3 Stunden, dann stand sie still, um weiterhin in die entgegengesetzte überzugehen. Am folgenden Morgen war

[1]) Um eine kurze Bezeichnung zu haben, will ich den Blüthenstand von Erodium und Geranium eine Dolde nennen, obwohl es keine ist. Vergl. *Eichler*, Blüthendiagramme II. Leipzig 1878. S. 295. Ferner *Goebel*, Ueber die Verzweigung dorsiventraler Sprosse. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. II. S. 427.

in den basalen Theilen der Sprosse die Abwärtskrümmung zwar noch vorhanden, die vorderen dagegen hatten sich schon beträchtlich erhoben. Später waren diese vertical nach oben gerichtet, während die basalen Theile horizontale Stellung hatten, oder ebenfalls nach oben geneigt waren.

Wurden solche Objecte, gleich nachdem sie am Abend eines hellen Tages dem Boden entnommen waren, am Klinostat im finstern Raume der Drehung ausgesetzt, so stellte sich die Krümmung der ersten Art ebenfalls ein, d. h. die Sprosse bewegten sich in Beziehung auf die normale Lage der Pflanze abwärts. Allein die so erreichte Stellung der Triebe blieb in der Regel erhalten; selbst während tagelanger Drehung fand keine Rückwärtsbewegung statt. Rectipetalität ist also in den Sprossen entweder nicht vorhanden, oder so schwach, dass sie eine Geradstreckung derselben nicht zu bewirken vermag.

Nunmehr setzte ich solche Sprosse, welche am Abend aus dem Freien genommen waren, und die Nacht in horizontaler Lage zugebracht hatten, wieder einer einseitigen Beleuchtung aus. Diese wurde im Zimmer so geregelt, dass nur ein mässiges Tageslicht auf die Pflanzen fiel, das directe Sonnenlicht aber ausgeschlossen war. Jetzt richteten sich die vorderen Theile der Sprosse ebenfalls empor, krümmten sich dabei aber gleichzeitig ein wenig nach dem einfallenden Lichte hin.

Fasst man die sämmtlichen angeführten Thatsachen ins Auge, so ergiebt sich Folgendes. Die Sprosse sind negativ geotropisch, wie aus ihrem Verhalten im Dunkeln und bei mässiger Beleuchtung hervorgeht. Dieser Geotropismus stellt wahrscheinlich für jedes Altersstadium eines Sprosses unter den gleichen äusseren Bedingungen eine constante Grösse dar. — Anders verhält es sich bezüglich des Heliotropismus der Sprosse. Einer schwachen oder mässigen Beleuchtung gegenüber reagiren sie im positiven, einer intensiven Bestrahlung gegenüber dagegen im negativen Sinne. — Dieser negative Heliotropismus kann bei kräftiger Insolation so stark werden, dass der Geotropismus gänzlich überwunden, und die Sprosse dem Boden fest angepresst werden, eine in jeder Beziehung merkwürdige Erscheinung. Ist die Beleuchtung dagegen schwächer, so kommt der negative Geotropismus zur Geltung, und bei schwacher einseitiger Beleuchtung krümmen sich die Zweige sogar positiv heliotropisch.

Hiernach muss es einen Grad von Beleuchtung geben, bei

welchem die Sprosse weder positiv noch negativ heliotropisch reagiren, und vermöge ihres Geotropismus sich einfach aufrichten. Der fragliche Helligkeitsgrad dürfte bei unseren heutigen photometrischen Methoden nicht leicht zu bestimmen sein, und ich habe darauf bezügliche Bemühungen nicht angestellt. — Wohl aber habe ich gelegentlich im Freien Pflanzen beobachtet, welche unter einer solchen Beleuchtung zu leben schienen. Ihre Sprosse, verhältnissmässig schlank, hatten eine aufrechte oder schwach geneigte Stellung; die Spitzen derselben waren sämmtlich senkrecht nach oben gerichtet. Der Standort dieser Pflanzen war ein solcher, dass sie vom intensiven Sonnenlicht nicht oder nur wenig getroffen werden konnten; und es liess sich kaum bezweifeln, dass durch diesen Umstand die ganze Tracht der Pflanze bedingt wurde.

Weiter ergiebt sich aus dem Obigen, dass, wenn man die Sprosse allseitig gleichmässig beleuchtete, sie ebenfalls nur geotropische Krümmungen beschreiben würden. Dies müsste auch bei Anwendung hoher Helligkeitsgrade geschehen, vorausgesetzt, dass nicht durch die letzteren etwa verursachte innere Störungen das Wachsthum verhinderten. Versuche nach dieser Richtung hin habe ich bis jetzt nicht angestellt.

Fasst man das Gesagte zusammen, so ergiebt sich, dass die Sprosse unserer Pflanze bis zu einer, ein gewisses Maass nicht überschreitenden schwachen Beleuchtung sich wie orthotrope, bei stärkerer Bestrahlung dagegen wie plagiotrope Organe verhalten. Sie gleichen sonach bezüglich ihrer Reactionsfähigkeit gegen den Einfluss des Lichtes in gewisser Beziehung den Thallus-Lappen von Marchantia, bezüglich deren man die eingehende Arbeit von *Sachs*[1]) vergleichen wolle.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass alle Krümmungen des Sprosses ausschliesslich im Knoten, und zwar von dem unteren jedes Internodiums, ausgeführt werden, während dasselbe im Uebrigen seiner ganzen Länge nach gerade bleibt.

Gehen wir nunmehr zu den Bewegungen der Doldenstiele über. Auch diese besitzen an ihrer Basis eine gelenkartige Verdickung, die in der Folge einfach als Gelenk bezeichnet werden soll. Ein weiteres kleines Gelenk trägt der Doldenstiel an seinem

---

[1]) *J. Sachs.* Ueber orthotrope und plagiotrope Pflanzentheile. — In Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. II, 2. Leipzig 1879. S. 235 ff.

apicalen Theile, unmittelbar vor der Ansatzstelle der Einzelblüthen. — Alles im Nachfolgenden über die Bewegungen dieser Stiele Gesagte bezieht sich, sofern es nicht ausdrücklich anders bemerkt ist, wieder auf solche Pflanzen, welche dem hellen Sonnenlicht ausgesetzt waren.

Nachdem der junge Doldenstiel einige Länge erreicht hat, etwa 10—20 Mm., beginnt er, und zwar, da er in diesem Alter noch überall wachsthumsfähig ist, sich seiner ganzen Länge nach zu biegen. Er krümmt sich in seinem hinteren und mittleren Theile mehr oder weniger geneigt aufwärts, während er im vorderen scharf abwärts gerichtet ist. In Folge dessen erhalten die jungen Knospen eine derartige Lage, dass sie nach unten sehen.

Bei raschem Wachsthum der Pflanze verharren jedoch die Stiele nicht lange in dieser Lage; sie strecken sich bald wieder gerade, und erheben sich mehr oder weniger vom Boden. Der Winkel, den sie jetzt mit der Horizontalen bilden, schwankt zwischen 30° und 50°, kann aber unter Umständen auch grösser oder kleiner sein. Während anfänglich der ganze Stiel krümmungsfähig war, verändert er sich nun mehr und mehr dahin, dass der ganze mittlere Theil seine Beugungsfähigkeit verliert, und alle Bewegungen lediglich von den Gelenken ausgeführt werden. — In der eben bezeichneten Lage des Doldenstiels öffnen sich die Blüthen. Bald nach dem Verblühen derselben legt er sich dem Boden fast horizontal an, und bleibt während der ganzen Fruchtentwickelung in dieser Lage. Endlich gegen Ende der Fruchtreife, kurz bevor die Früchte abgeschleudert werden, richtet sich der Stiel wieder empor, und zwar so weit, dass er vertical steht. In dieser Lage lösen sich die Früchte elastisch ab und vertrocknet der Stiel.

Auch diese Bewegungen sind das Resultat einer combinirten Wirkung von Licht und Schwerkraft. Die zuerst beschriebene Aufwärtskrümmung im hinteren, und die Abwärtskrümmung im vorderen Theile des jungen Stieles beruht auf überwiegendem negativem Geotropismus im hinteren, und auf vorwiegendem negativem Heliotropismus im vorderen Theile. — Es folgt dies einfach aus dem Verhalten solcher Stiele, wenn man sie mit den Mutterzweigen unter sonst günstigen Bedingungen dem Dunkel aussetzt. Bringt man die Sprosse im Finstern in vertical-aufrechte Lage, so gleichen sich alle Krümmungen der jungen Stiele aus; es

richten sich die letzteren gerade aufwärts. Legt man die Sprosse dagegen horizontal, so krümmen sich die Stiele bogenförmig nach oben. — Die Lage des Doldenstiels während der Blüthe wird ebenfalls durch eine Combinationswirkung von Licht und Schwerkraft bedingt. Beide Kräfte halten sich ungefähr das Gleichgewicht, und daraus resultirt die Stellung des Stieles. Nach dem Verblühen dagegen überwiegt das Licht, und in Folge dessen legt sich der Stiel dem Boden an. Dass aber der Stiel auch in dieser Lage noch negativ geotropisch ist, ergiebt sich daraus, dass derselbe, wenn man den Spross in einen finsteren Raum bringt, sich in kurzer Zeit emporrichtet. — Bei der endlichen Aufrichtung des Stieles überwiegt entweder der negative Geotropismus über den negativen Heliotropismus, oder der letztere verschwindet, was wohl wahrscheinlicher sein dürfte. Besondere Untersuchungen zur Entscheidung dieser Frage habe ich nicht angestellt.

Da die letztgenannte Bewegung, ebenso wie die entsprechende des Muttersprosses, stets von derselben Seite des Gelenkes ausgeführt wird, so wurde die Frage nahegelegt, ob nicht eine innere Verschiedenheit zwischen Ober- und Unterseite solcher Gelenke bez. Knoten vorhanden sei; und zwar derart, dass die erstere mehr auf den Einfluss des Lichtes, die letztere mehr auf den der Schwerkraft reagire. — Diese Frage wurde nur bezüglich der letztgenannten Kraft beantwortet.

In einem dunklen, wasserdampfgesättigten Raume wurden junge Zweige mit Blüthenständen verschiedenen Alters in vertical-verkehrter und ferner in horizontal-verkehrter Lage befestigt. Es fand sich, dass die in der letzteren angebrachten Sprosse sich nunmehr ebenso aufwärts krümmten, wie die normal, d. h. mit der Oberseite nach oben, gelegten Triebe. Die nach unten gewendete, ehemalige Oberseite erfuhr jetzt das erhöhte Wachsthum und in Folge dessen krümmten sich die Zweige aufwärts. — Genau dasselbe galt für die Doldenstiele. Die nach unten gerichteten Seiten der Gelenke verlängerten sich jetzt in einem so überwiegenden Maasse, dass die Stiele, wie in dem früheren Falle, senkrecht nach oben sahen. Eine Torsion konnte in keinem Falle beobachtet werden.

An den in vertical-verkehrter Lage befindlichen Sprossen wuchsen meist zwei oder drei der apicalen und mittleren Gelenke einseitig so stark, dass die Spitzen der Zweige mehr oder weniger genau

nach oben sahen. Ebenso erfuhren die Doldenstielgelenke ein einseitig erhöhtes Wachsthum, in Folge dessen sie in horizontale oder mehr oder minder aufwärts geneigte Lage gelangten. Manchmal war das Wachsthum der Unterseite dieser Gelenke auffallend stark; in einem solchen Falle betrug der Winkel, den der Doldenstiel mit dem nach unten gerichteten nächsten Theile des Muttersprosses bildete, 162°.

Aus den eben angeführten Thatsachen folgt, dass die Ober- und Unterseite des Gelenkes dem Einfluss der Schwerkraft gegenüber gleich oder doch annähernd gleich empfindlich sind; stets erfährt die nach unten gerichtete Seite das erhöhte Wachsthum, gleichviel welche Seite in diese Lage gebracht wird. — Ob dasselbe auch bezüglich der Empfindlichkeit der Seiten gegen den Einfluss des Lichtes gilt, wurde nicht näher untersucht. Doch darf man wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass auch dieser Kraft gegenüber die beiden Seiten gleich stark reagiren.

Nach Behandlung der Doldenstiele bleiben uns noch die Blüthenstiele übrig. Während der Blüthezeit haben dieselben eine Länge von 8—10 Mm., nachher verlängern sie sich meistens bis auf 12—15 Mm. Ihr Bau gleicht, von der Grösse abgesehen, im Wesentlichen dem der Doldenstiele; auch sie besitzen am oberen Ende ein schwächer und am unteren ein stärker ausgebildetes Gelenk.

Zur Blüthezeit stehen die Blüthen in Kreisform neben einander; die Entfernung je zweier Nachbarblüthen ist ungefähr gleich. Der Winkel, den die Blüthenstiele mit der Verlängerung des Doldenstieles bilden, beträgt 30°—40°. Die geöffneten Blüthen nutiren ein wenig nach auswärts, und zwar ungefähr soweit, dass der Fruchtknoten horizontale Stellung hat; gleich nach dem Verblühen neigen sie etwas stärker abwärts. Nunmehr aber beginnt ein eigenthümlicher Bewegungsprocess. Wie früher erwähnt, beschreibt um diese Zeit der Doldenstiel die Abwärtskrümmung; gleichzeitig erfahren die nach oben gerichteten Seiten der basalen Gelenke sämmtlicher Blüthenstiele ein derartig erhöhtes Wachsthum, dass die letzteren ganz oder nahezu senkrecht nach unten gerichtet werden. An denjenigen Blüthen, welche in der Dolde die unteren darstellen, ist das Wachsthum des basalen Gelenkes einfach einseitig; an den seitlich und oben stehenden Blüthen tritt wahrscheinlich eine je nach Umständen mehr oder minder weit gehende

Torsion ein, ein Punkt, über den ich jedoch nichts Sicheres angeben kann. Schliesslich sind die sämmtlichen Stiele abwärts gekrümmt; der ganze junge Fruchtstand ist einseitswendig, und die einzelnen Früchte liegen dicht neben oder zu zweien über einander. — Während diese Processe sich an der Basis der Stiele abspielen, erfahren auch die Gelenke an der Spitze derselben ein einseitig erhöhtes Wachsthum; allein hier findet es nicht an den nach oben, sondern umgekehrt an den nach unten sehenden Seiten statt. Da dasselbe sehr energisch ist, so wird die junge Frucht in ganz oder fast aufrechte Lage gebracht, und so gewisser Maassen der durch das Wachsthum der basalen Gelenke erreichte Effect durch das der apicalen wieder aufgehoben. In der bezeichneten Lage verharren nun die Stiele, bis die Fruchtreife naht. Kurz vor dieser, während der Doldenstiel sich aufrichtet, gleichen sich die ungleichen Längen der Gelenkhälften aus; an dem basalen Gelenke streckt sich die untere, an dem apicalen die obere Hälfte vorwiegend; bis endlich auf dem geraden Doldenstiel die Fruchtstiele etwa dieselbe Lage einnehmen, welche sie als Blüthenstiele hatten, nur mit dem Unterschiede, dass die Früchte nach oben gerichtet sind. Die Ausgleichung der Längenunterschiede erfolgt an den beiden Gelenken meist gleichzeitig; doch kommt es auch vor, dass das basale voraneilt, dass der Stiel schon nach oben gerichtet ist, während die Frucht noch einen rechten oder selbst spitzen Winkel mit demselben bildet, Unterschiede, die jedoch meist rasch ausgeglichen werden. Ob umgekehrt auch das obere Gelenk in der Streckung voraneilen kann, habe ich nicht beobachtet. — Ist die Frucht durch die angedeuteten Processe in die aufrechte Lage gelangt, dann beginnt das Abspringen der einzelnen Fruchtfächer, die sich elastisch ablösen und weit umher verbreiten.

Was nun die Ursachen dieser eigenthümlichen Bewegungen anlangt, so bin ich darüber leider nicht zu völliger Klarheit gelangt. Dass die Schwerkraft dabei eine Hauptrolle spielt, ist unzweifelhaft; dass auch das Licht dabei mitwirkt, ist möglich, jedoch nicht sicher.

Dass die Schwerkraft von Bedeutung ist, ergiebt sich aus folgenden Versuchen.

Ein Blüthenstand mit geöffneten Blüthen, die sorgfältig bestäubt waren, wurde mit dem Mutterzweige auf einer Korkplatte

horizontal derart befestigt, dass keine geotropische Krümmung des Doldenstieles eintreten konnte. Der letztere wurde so gelegt, dass nur der Blüthenstand über den Rand der Platte hinausreichte, und dann mit kreuzweis über denselben gesteckten Nadeln festgespiesst. Die ganze Vorrichtung wurde in gleicher Lage in einem dunklen wasserdampfgesättigten Raume untergebracht. — In der That zeigte sich nun, dass die Blüthenstiele nach dem bald erfolgenden Verblühen eine Krümmung in der Art erfuhren, wie sie oben beschrieben wurde; es trat eine Abwärtskrümmung der basalen und eine Aufwärtskrümmung der apicalen Gelenke ein. In einigen Fällen waren diese Beugungen scharf ausgesprochen, in anderen gelangten die jungen Früchte nicht gänzlich in die Endlage, und bei einzelnen endlich unterblieb jede Bewegung. Alle Früchtchen standen jedoch bald in der Entwickelung still, und gingen zu Grunde. — Der Versuch ergab wiederholt ein gleiches oder ähnliches Resultat.

Nunmehr wurden ältere Sprosse, die mit Fruchtständen verschiedensten Alters besetzt waren, an der horizontalen Axe des Klinostats unter Ausschluss der Lichtwirkung der Drehung ausgesetzt. Da die Zweige auch jüngste Früchte führten, deren Stiele noch keine Beugungen erfahren hatten, so wurden, um Verwechslungen zu vermeiden, alle jungen Früchte mit schon gekrümmten Stielen durch Marken bezeichnet. — Als Ergebniss dieses Versuches stellte sich Folgendes heraus. Die Stiele aller Altersstadien streckten sich gerade; voran gingen die ältesten, denen die jüngeren im Allgemeinen dem Alter nach folgten. Allein während die älteren fast sämmtlich die Streckung erfuhren, fanden sich bei den jüngeren Ausnahmen, in welchen die Krümmungen beibehalten blieben. Auch hier wurden öfter solche Fälle beobachtet, in welchen sich nur das basale Gelenk streckte, das apicale dagegen gekrümmt blieb. — Dieser Versuch wurde mehrfach, und zwar immer mit dem gleichen Erfolge, wiederholt.

Die Resultate der beiden Experimente ins Auge gefasst, ergiebt sich, dass die Schwerkraft bei dem Krümmungsprocess der Stiele wenn nicht den einzigen, so doch jedenfalls einen wichtigen Factor darstellt. — Werden schon gekrümmte Stiele dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft entzogen, so strecken sie sich gerade. Sie stellen demnach rectipetale Gebilde dar, und wir dürfen daraus schliessen, dass die Aufrichtung der Stiele bei der

Fruchtreife auf Rectipetalität allein oder, was noch genauer zu entscheiden, auf dieser und dem Einfluss der Schwerkraft beruht.

Um diesen Gegenstand zu erledigen, verfuhr ich in folgender Art. Ein der Aufwärtsbewegung naher, bis dahin horizontal gelegener Doldenstiel wurde an dieser Bewegung dadurch verhindert, dass um sein oberes Gelenk unmittelbar vor der Dolde ein Band gelegt wurde, welches ihn am Boden festhielt. Auffallender Weise krümmte sich dennoch die Unterseite des basalen Gelenkes aufwärts; es trat eine beträchtliche Spannung, jedoch kein Riss auf der Oberseite ein. Der Stiel und das basale Gelenk stellten bis dahin eine gerade Verlängerung dar; nunmehr bildeten sie einen sofort ins Auge fallenden Winkel mit einander. — Während dieser Vorgänge an der Basis krümmte sich auch das sonst stets unthätig bleibende apicale Gelenk mässig aufwärts; ferner erfuhren die Unterseiten der basalen Blüthenstielgelenke ein schwach erhöhtes Wachsthum. Durch diese beiden Vorgänge gelangten die Früchte in aufrechte Stellung und lösten sich nun elastisch ab.

Auf Grund dieses Versuches sind wir zu der Annahme berechtigt, dass die Aufrichtung der Blüthenstiele durch eine Combination von Rectipetalität und Schwerkraft bedingt wird. Ueber das Verhältniss aber, in welchem die beiden Kräfte thätig sind, vermag ich einstweilen nichts zu sagen. Es wäre möglich, dass unter normalen Bedingungen der Einfluss der Schwerkraft gegen den der Rectipetalität zurückträte, und die letztere fast allein die Aufrichtung bewirkte, eine Frage, die sich vielleicht durch bestimmte Beobachtungen entscheiden liesse.

Nach dem oben Angeführten dürfte es scheinen, als sei die Schwerkraft der einzige Factor, welcher die Krümmung der Blüthenstiele bedingt; und ich hatte mir diese Ansicht schon völlig zu eigen gemacht, als ich in derselben durch einige Versuche erschüttert wurde, die den Zweck hatten, über einen etwa vorhandenen Einfluss des Lichtes Auskunft zu ertheilen. — Es waren im dunklen Raume Zweige mit Blüthen- und Fruchtständen verschiedenen Alters theils horizontal, theils vertical-aufrecht befestigt. Wie in allen früheren Fällen fand bei ersterer Lage Aufrichtung der vorderen Stengeltheile, sowie der Doldenstiele statt. Waren unter den Fruchtständen solche mit schon älteren, der Fruchtreife nahen Früchten vorhanden, so streckten sich deren Stiele gerade, ohne dass jedoch in der reich mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre

eine Ablösung der Theilfrüchte hätte erfolgen können. Diese geschah vielmehr erst, wenn die Objecte mit den betreffenden Stengeltheilen einer trockneren Luft ausgesetzt wurden. — Ausser den genannten streckten sich aber auch die Stiele einzelner Früchte solcher Fruchtstände, welche unzweifelhaft die Reife noch nicht erlangt hatten. In der Regel blieb die Mehrzahl der Stiele dieses Alters gekrümmt; die sich gerade streckenden bildeten die Minderzahl. Bald kamen nur wenige derartige Fälle vor, bald waren sie zahlreicher.

Diese Vorkommnisse legten selbstverständlich die Frage nahe, ob nicht auch das Licht bei der Krümmung wirksam sei; ob die letztere nicht eine Combinationswirkung von Licht und Schwerkraft darstelle. Die Knoten der Stengel und das basale Gelenk der Doldenstiele sind ungemein empfindlich gegen den Einfluss des Lichtes; könnten nicht auch die Fruchtstiele diese Eigenschaft theilen? Das verschiedene Verhalten derselben im Dunklen liesse sich dann vielleicht so erklären, dass unter den Stielen individuelle Verschiedenheiten vorkämen; dass im einen Falle mehr das Licht, im anderen mehr die Schwerkraft eingewirkt hätte; und dass nun, wenn das erstere der Fall gewesen, nach Aufhören des Lichteinflusses die Rectipetalität die Schwerkraftwirkung überwunden, und die Stiele gerade gestreckt hätte.

Diese Vermuthung bot sich ohne Weiteres dar; nichtsdestoweniger glaube ich, dass sie nicht zutrifft. Die jungen Früchte, deren Stiele sich im Dunklen gerade strecken, sind meist nicht mehr normal und gesund ausgebildet, und darin dürfte die wahre Erklärung für das Verhalten ihrer Stiele liegen.

Zerstört man nämlich die Frucht eines schon völlig gekrümmten Stieles, so richtet sich derselbe nach kurzer Zeit empor. Wie bei Papaver, so wird auch hier das ganze normale Verhalten des Stieles lediglich durch die Frucht bestimmt. Wird diese entfernt, so treten ganz neue Verhältnisse ein; der Stiel streckt sich schon jetzt gerade, während er dies sonst erst mit der Fruchtreife thun würde. — Findet während der Blüthe keine Befruchtung statt, so erfährt der Stiel überhaupt keine Krümmung.

Da nun beim längeren Aufenthalt der abgeschnittenen Sprosse im dunklen Raum Bedingungen eintreten, welche die Entwickelung der Früchte verhindern, so dürfte darin die Ursache gegeben sein, wesshalb die Geradstreckung der Stiele erfolgt.

So wahrscheinlich mir jedoch dieser Zusammenhang auch ist, als ausgemacht kann ich denselben nicht hinstellen. Weitere Untersuchungen, welche ich nebst anderen mit unserer Pflanze in der nächsten Vegetations-Periode anzustellen gedenke, werden hoffentlich den gewünschten Aufschluss liefern. — Wäre in der That die Schwerkraft die einzige bewegende Ursache bei der Stielkrümmung, dann läge der interessante Fall vor, dass das apicale Gelenk des Organes negativ, das basale dagegen positiv geotropisch reagirte. Nach unseren an Papaver gemachten Erfahrungen würde uns diese Thatsache zwar nicht besonders in Ueberraschung versetzen, immerhin aber einiges Interesse darbieten.

Wie erwähnt streckt sich ein gekrümmter Stiel, wenn seine Frucht zerstört wird, gerade. Dieser Vorgang beruht, wenn er am Klinostat während der Drehung verläuft, auf Rectipetalität. Geht er dagegen im Freien von statten, so wirkt auch negativer Geotropismus mit, was aus dem Umstande folgt, dass sich der Stiel senkrecht emporrichtet, wenn die Dolde eine stark geneigte Stellung einnimmt. — Wie sich der Doldenstiel verhält, wenn die sämmtlichen ihm zugehörigen Früchte zerstört werden, wurde bisher nicht festgestellt; doch kann es nach gleich mitzutheilenden Erfahrungen keinem Zweifel unterliegen, dass derselbe, wenn der Muterspross horizontal liegt, eine Aufrichtung erfährt, dass auch sein ganzes Verhalten durch die An- oder Abwesenheit der Früchte bedingt wird.

Weitere Untersuchungen über dieses interessante Object können, weil noch nicht völlig zum Abschluss gelangt, erst in der Folge mitgetheilt werden.

Versuche mit Geranium pyrenaicum.

Manche Vertreter der Gattung Geranium erinnern bezüglich ihrer Blüthenstiel-Bewegungen an die bei Erodium beobachteten Verhältnisse. Alle von mir untersuchten Arten aber setzen der experimentellen Behandlung so erhebliche Schwierigkeiten in den Weg, dass es mir in keinem Falle gelungen ist, einen klaren Einblick in die Ursachen der fraglichen Bewegungen zu erhalten. Einstweilen will ich hier nur die Beobachtungen mittheilen, welche ich an der in der Ueberschrift genannten Art angestellt habe, die, so dürftig sie auch sind, doch in einer Beziehung von Interesse sein dürften.

Die Blüthen, welche bekanntlich paarweise zusammenstehen, sind während ihres ganzen Knospenzustandes nach unten gerichtet. Je eine der beiden Blüthen eilt jedesmal der anderen um ein Geringes in der Entwickelung voraus. (Vergl. die Figuren 19 u. 20 auf Taf. II.) Die abwärts gerichtete Lage der Knospe wird anfänglich durch eine Nutation der ganzen Sprossspitze, später durch eine Krümmung des Dolden-[1]) und Blüthenstieles bedingt. Naht die Blüthezeit einer Dolde, so richtet sich das nächst untere Internodium des Stengels ungefähr senkrecht auf, während gleichzeitig der Doldenstiel von seiner Basis aus allmälig eine Geradstreckung erfährt, und in die aufrechte Lage gelangt. Die ehemals gerade nach unten gerichteten Blüthenstiele sind jetzt in ihrem basalen Theile bogenförmig abwärts gekrümmt, jedoch nur kurze Zeit, denn sobald die Zeit der Entfaltung naht, richten auch sie sich, und zwar verhältnissmässig rasch empor. Hierin geht der ältere voran, während der jüngere noch gekrümmt bleibt; bei warmem Wetter folgt aber auch dieser meist schon am nächsten Tage. Die geöffnete Blüthe sieht entweder gerade nach oben, oder hängt schwach zur Seite.

Hat in dieser Lage der Blüthe die Befruchtung stattgefunden, so tritt ein neuer, eigenthümlicher Bewegungsprocess ein. Wurde jedoch bisher die Bewegung von dem ganzen Stiele ausgeführt, so geschieht das fortan nur noch von einem längeren apicalen und einem sehr kurzen basalen Theile, welche, besonders der letztere, wie bei Erodium, eine gelenkartige Ausbildung erfahren; während der ganze mittlere Theil des Stieles unbeweglich wird. Es bewegt sich der Stiel nach der Befruchtung rasch abwärts, und zwar lediglich in Folge des erhöhten Wachsthums der Oberseite des basalen Gelenkes; er erlangt auf diese Weise ungefähr horizontale Lage. Gleichzeitig aber richtet sich die werdende Frucht mit ihrer Spitze wieder nach oben, indem die Unterseite des apicalen Stieltheiles ein überwiegendes Wachsthum erfährt. Bis dahin hat der Doldenstiel in der Regel noch aufrechte Stellung, allein auch er ändert seine Lage, sobald die zweite Blüthe befruchtet ist, und die Abwärtsbewegung derselben beginnt. Auch er hat inzwischen eine Veränderung erfahren, in Folge deren er

[1]) Wie bei Erodium, so sollen auch hier wieder die Ausdrücke Dolde und Doldenstiel gebraucht werden.

fast seiner ganzen Länge nach starr geworden ist, und ein Wachsthum nur noch im apicalen und basalen gelenkartigen kurzen Theile stattfinden kann. Im letzteren nun erfolgt eine erhebliche Beugung, die den Stiel in mehr oder weniger geneigte, horizontale oder selbst nach unten gerichtete Lage bringt. In Folge dieser Bewegung erhalten die Blüthenstiele eine je nach den Umständen wechselnde Richtung. Bald sehen sie senkrecht, bald mehr oder minder geneigt nach unten, bald auch erhalten sie horizontale Stellung. Neigt der Doldenstiel selbst bis etwa in diese Lage abwärts, so bilden sie mit demselben einen ungefähr rechten Winkel; ist aber die Neigung des ersteren geringer, dann krümmen sie sich nicht selten erheblich abwärts; der untere Winkel, den sie in diesem Falle mit dem Doldenstiel bilden, kann dem entsprechend beträchtlich kleiner, als ein rechter sein. — Während dieser Vorgänge aber richtet sich die Frucht stets wieder nach oben, gleichviel, in welche Stellung der Blüthenstiel gelangt. Bald wird ihre Lage erreicht durch ein einfaches erhöhtes Wachsthum der unteren Seite des apicalen Stieltheiles, bald durch dieses und eine Torsion.

In der beschriebenen Lage verharren nun Stiel und Frucht, bis die Reife der letzteren naht. Sobald dies geschieht, werden die sämmtlichen vorhandenen Krümmungen wieder ausgeglichen. Die bisher concaven Seiten der letzteren erfahren jetzt ein überwiegendes einseitiges Wachsthum; in Folge dessen strecken sich die Stiele wieder gerade, und richten sich nach oben. Bald darauf beginnt der Ablösungsprocess der Früchte, bei welchem die letzteren umher geschleudert werden.

Bei warmem Wetter verlaufen die geschilderten Processe verhältnissmässig rasch. Die Aufrichtung eines Internodiums und Doldenstieles wird in einem bis zwei Tagen vollendet; die Streckung des Blüthenstieles dauert gewöhnlich einen Tag; die Blüthe öffnet sich am Morgen, und hält sich während eines oder höchstens zweier Tage. Die erste Abwärtskrümmung des jungen Fruchtstieles nimmt gewöhnlich einen Tag in Anspruch, und die definitive Lage der ganzen jungen Fruchtdolde wird in höchstens drei bis vier Tagen erreicht.

Das, was diesen Bewegungen, abgesehen von ihrer sonstigen Eigenthümlichkeit, ein besonderes Interesse verleiht, ist der Umstand, dass sie nur dann stattfinden, wenn die Stiele in normalem

Zusammenhange mit der Blüthe oder Frucht stehen. Wird dieser Zusammenhang aufgehoben, die Blüthe oder Frucht entfernt, dann treten neue Erscheinungen ein, ähnlich denen, welche wir bei Papaver unter ähnlichen Bedingungen beobachteten.

Trennt man eine Knospe mit noch völlig gebogenem Stiel von diesem, so richtet sich derselbe in Kurzem senkrecht empor, gleichviel, ob die Knospe der Entfaltung näher oder ferner war. — Schneidet man die Blüthe gegen Schluss der Blüthezeit ab, oder zerstört man, was auch hier dasselbe leistet, lediglich den Fruchtknoten, so findet keine Abwärtskrümmung des Stieles statt. Wird der Fruchtknoten zertrümmert, nachdem schon die Krümmung stattgefunden hatte, so richtet sich der Stiel empor. — Hat der Doldenstiel seine Bewegung völlig ausgeführt, und wird nur eine der von ihm getragenen Früchte zerstört, so behält er seine Lage bei; werden dagegen beide vernichtet, so richtet auch er sich empor, und erlangt die Stellung, welche er sonst zur Reifezeit eingenommen haben würde.

Diese Erscheinungen, obwohl uns nun schon öfter begegnet, erregen doch in der hier auftretenden Form von Neuem das Interesse in hohem Maasse. Nicht nur das Verhalten des eigenen Blüthenstieles, sondern auch das des gemeinschaftlichen Doldenstieles wird von den Blüthen resp. Früchten aus bestimmt. Muss es nicht ausserordentlich überraschen, dass das Gleichgewicht der Kräfte, welches im gekrümmten basalen Gelenke des Doldenstieles während der Ruhelage vorhanden ist, lediglich bedingt wird durch die An- oder Abwesenheit gesunder Früchte? Man entferne diese, und sofort ist jenes Gleichgewicht zerstört; es wird erst wieder gewonnen, wenn der Stiel durch Wachsthum des Gelenkes eine ganz neue Lage angenommen hat.

Auch bei dieser Pflanze wurden allerlei Versuche angestellt, um über die Bedeutung der einzelnen Theile der Frucht für die Bewegung ins Klare zu gelangen. Dass die Ab- oder Anwesenheit des Kelches nichts ausmache, wurde schon erwähnt. Dasselbe Resultat ergab sich aber auch für den Schnabel der Frucht. Die Entfernung eines grösseren oder geringeren Theiles desselben war auf die Bewegungen der Stiele ohne Einfluss. Sobald dagegen durch seine Wegnahme der Fruchtknoten eine eingreifende Verletzung erfahren hatte, fand die Aufrichtung der Stiele statt. Wurde umgekehrt der Schnabel intact gelassen,

die Inhalte der einzelnen Fruchtknotenfächer aber zerstört, so streckten sich die Stiele bald gerade. — Dies führte weiter zu der Frage, ob die ganze unverletzte Frucht nothwendig sei, um das Verhalten des Stieles zu bestimmen, oder ob dazu schon einzelne unverletzte Fächer genügen. Um diesen Gegenstand zu erledigen, wurden in verschiedenen jungen Früchten je ein, zwei, drei und vier Fächer zerstört. Es fand sich, dass bei vier, drei und selbst zwei wohlerhaltenen Fächern der Stiel seine normale Lage einnahm bez. behielt. Dasselbe wurde auch noch beim Vorhandensein von einem Fach gefunden, wenn dieses nicht bei der Zerstörung der Nebenfächer Verletzungen erfahren hatte. Solche Früchte mit nur einem gesunden Fach habe ich wiederholt tagelang auf normal gekrümmten Stielen beobachtet; und es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass schon der fünfte Theil eines gesunden Fruchtknotens genügt, um die Bewegungen des Stieles zu bestimmen.

Wir gelangen nunmehr zu den Ursachen, welche auf den Complex von Stiel und Frucht wirken, und die Bewegung derselben hervorrufen. Trotz aller aufgewandten Mühe bin ich in der Erkenntniss derselben nur wenig vorangeschritten. Sieht man von den eben angeführten Verhältnissen ab, so erweist sich die Pflanze als ein wenig günstiges Object zu experimentellen Untersuchungen. Sie ist gegen Störungen empfindlich und reagirt langsam auf den Einfluss äusserer Kräfte.

Auf Grund des ganzen Verhaltens der Objecte hat sich mir die Ansicht aufgedrängt, es werden die sämmtlichen oben beschriebenen Bewegungen durch die Einflüsse der Schwerkraft und Rectipetalität hervorgerufen; doch sind die Anhaltspunkte für diese Ansicht nicht streng beweisend.

Zunächst wurden Zweige mit Blüthen- und Fruchtständen verschiedenen Alters am Klinostat im dunklen Raum der Drehung ausgesetzt. Es fand sich, dass die Krümmung an der Spitze des Stengels bald mehr oder weniger ausgeglichen wurde, bald unverändert erhalten blieb. Bis mir nicht weitere Untersuchungen vorliegen, will ich aus dieser Thatsache keinerlei Schlüsse ziehen. — Die Geradstreckung der Stiele bei der Blüthenentfaltung fand unter den angegebenen Bedingungen ebenso statt, wie im Freien. Weiter glichen die älteren Fruchtstiele ihre Krümmungen aus, ebenso aber auch, wie bei Erodium unter den gleichen Bedingungen,

einige der jüngeren. Auch wenn keine Streckung der Blüthenstiele erfolgte, verkleinerte sich häufig der Winkel, welchen der Doldenstiel mit dem Stengel bildete.

Nun wurden Stengelstücke vertical-aufrecht und -verkehrt im dunklen wasserdampfgesättigten Raume aufgehängt. An diesen liessen sich bald gar keine Veränderungen bezüglich der Fruchtstiele feststellen, bald fand an den verkehrt hängenden Objecten eine Verkleinerung des Neigungswinkels der Doldenstiele statt. Doch war keine dieser Bewegungen von Belang; eine Torsion der nach unten sehenden Früchte wurde niemals beobachtet.

Soweit meine Versuche. Ausser den genannten führte ich noch eine Reihe anderer aus, die aber ebenfalls kein beweisendes Resultat ergaben, und die ich daher nicht genauer aufzählen will. Alle Experimente, die genannten, wie die ungenannten, wurden wiederholt und immer mit dem gleichen Erfolge angestellt.

Versuche über den Einfluss äusserer Kräfte auf die Stielbewegungen im Freien anzustellen, war mir bisher nicht möglich. Bis mir derartige Experimente, wie ich hoffe, näheren Aufschluss gegeben haben werden, will ich mich jeder weiteren Muthmassung enthalten.

Versuche mit Taraxacum officinale.

Zum Schluss soll eine Pflanze besprochen werden, die ein mannigfach verschiedenes Verhalten zeigt, ein Umstand, auf dem es wohl beruhen mag, dass die hier zu erörternden Erscheinungen noch nicht beachtet worden sind.

An grell von der Sonne beschienenen Orten, besonders auf magerem, steinigem Boden, legt die Pflanze ihre Blattrosette dem letzteren dicht an. Wo sie dagegen im Gedränge mit höher aufstrebenden Mitbewerbern zu kämpfen hat, vor Allem an schattigen Orten, richtet sie ihre, dann meist auch längeren Blätter mehr oder weniger empor, manchmal so weit, dass sie der Verticalen nahe kommen.

In gewisser Beziehung ähnlich verhalten sich auch die Stiele der Blüthenköpfchen. An Pflanzen des erstgenannten Standortes erfahren dieselben, sobald sie eine geringe Länge erreicht haben, ein einseitiges Längenwachsthum, in Folge dessen sie sich dem Boden dicht anlegen. (Taf. II, Fig. 9.) In dieser Richtung

wächst der Stiel weiter, bis das Köpfchen dem Aufblühen nahe ist. Vor dem letzteren krümmt er sich in seinem dicht vor dem Köpfchen gelegenen Theile so weit empor, dass dieses nach oben schaut. Nun entfaltet sich das Köpfchen, schliesst sich nach dem Verblühen wieder, und behält die angenommene Lage während der ganzen Fruchtentwickelung bei; nur erfährt der Stiel dabei ein mehr oder minder weit gehendes Längenwachsthum. (Taf. II, Fig. 10.) — Naht aber die Samenreife, dann erhebt sich derselbe rasch, auch jetzt noch an Länge zunehmend, bis er eine verticalaufrechte Stellung erlangt hat. In dieser Lage entfalten die Früchte ihre Pappus, und vertrocknet der Stiel.

So das Verhalten der Stiele in den ausgesprochensten Fällen. Daneben kommen an ähnlichen Orten solche vor, welche sich nicht ganz in der beschriebenen Art dem Boden anlegen, sondern eine mehr oder weniger gebogene Linie darstellen; welche sich im basalen Theile emporrichten, im vorderen dagegen wieder abwärts senken. (Taf. II, Fig. 8.)

Anders gestaltet sich das Wachsthum der Stiele, wenn die Pflanze von höheren Concurrenten umgeben ist, oder schattige Orte bewohnt. Nicht nur die Blätter richtet sie empor, sondern auch die Stiele wachsen in vielen, ja in den meisten Fällen einfach senkrecht oder geneigt aufwärts, ohne je eine Lagenänderung zu erfahren. Andere dagegen krümmen sich in ihrem mittleren und oberen Theile, oder nur im letzteren, in auffallender Weise. Bald beschreiben sie eine nur schwach gebogene Linie, bald dagegen die Form eines liegenden ∞, wobei jedoch stets das sich entwickelnde Fruchtköpfchen nach oben gerichtet ist. (Taf. II, Fig. 11.) Hierzu ist zu bemerken, dass bald die sämmtlichen Stiele einer Pflanze gekrümmt, bald gerade sind, bald aber auch gerade und gebogene Stiele an ein und demselben Object vorkommen.

Was nun die Ursachen dieser eigenthümlichen Erscheinungen anlangt, so beruhen dieselben auf einer combinirten Wirkung von Licht und Schwerkraft, was sich aus einigen einfachen Versuchen unzweideutig ergiebt.

Am Abend eines sehr hellen, sonnigen Tages wurden Pflanzen der ersteren Art, deren Blätter und Köpfchenstiele dem Boden dicht anlagen, mit längeren Wurzelstücken dem letzteren enthoben, und in normaler Stellung in einen dunklen wasserdampfhaltigen

Raum gebracht. Um den Wasserbedarf der Pflanzen vollständig zu befriedigen, tauchten die durchschnittenen Wurzeln in mit Wasser gefüllte Gefässe, welche unter denselben aufgestellt waren.

Bald nachher zeigte sich auch hier jene auffallende Erscheinung, welche bei Erodium cicutarium beobachtet wurde. Blätter und Köpfchenstiele krümmten sich abwärts, bis sie endlich in weitem Bogen nach unten sahen. Schon nach einer Stunde war ein nicht unbeträchtliches Bogenstück durchlaufen, und der vordere Theil der Köpfchenstiele erreichte schliesslich eine Lage, in welcher er sich etwa 7 Ctm. unter der Stellung befand, welche er beim Herausnehmen der Pflanze aus dem Boden eingenommen hatte. Die Blätter krümmten sich nicht ganz so weit, wie die Stiele.

Auch diese Abwärtskrümmung beruht auf einer Nachwirkung des Lichtes. Einer starken Beleuchtung gegenüber verhalten sich Stiele und Blätter negativ heliotropisch. Da an einem langen, hellen Sommertage die Einwirkung der Kraft verhältnissmässig beträchtlich, der Spielraum der Pflanze aber bei weitem nicht gross genug ist, um eine jener Wirkungsgrösse entsprechende Bewegung auszuführen, so entsteht in Blättern und Stielen eine Spannung, welche in Bewegung übergeht, sobald man das Object aus dem Boden hebt.

Dass diese Erklärung auch hier zutrifft, folgt aus dem weiteren Verhalten der Pflanzen im Dunklen. Nach einiger Zeit nämlich richten sich die Blätter sowohl als die Stiele wieder empor. Die letzteren, gleichviel ob mit Knospen, Blüthen oder Früchten besetzt, erlangen schliesslich senkrechte Stellung, und ähnliche oder nur wenig geneigte Lage gewinnen auch die Blätter. Beide sind also negativ geotropisch, eine Eigenschaft, die jedoch an dem genannten Standorte bei intensivem Sonnenlichte durch den negativen Heliotropismus so weit überwunden wird, dass sich die beiderlei Organe nicht nur dem Boden anlegen, sondern noch die beschriebene hohe Spannung erfahren. — Naht aber die Fruchtreife, dann verschwindet entweder der negative Heliotropismus des Stieles, so dass der Geotropismus sich geltend machen kann; oder der letztere wächst in einem solchen Maasse, dass jener überwunden wird, und der Stiel sich trotz seines Vorhandenseins gerade streckt. Welche von diesen beiden Möglichkeiten der Wirklichkeit entspricht, wurde auch hier bis jetzt nicht festgestellt.

Auch hier begegnet uns wieder die interessante Thatsache, dass die beiden Organe, Stiele und Blätter, nur einer starken Beleuchtung gegenüber negativ, einer mässigen und schwachen gegenüber aber positiv heliotropisch reagiren. Lässt man mässiges Tageslicht einseitig auf die Objecte einwirken, so zeigen die Organe unzweifelhaft positiv heliotropische Bewegung, und nehmen eine dem entsprechende Lage an. — Da ich jedoch die Blattbewegungen dieser und sich ähnlich verhaltender Pflanzen in besonderer Arbeit zu behandeln gedenke, so mögen hier die gemachten Andeutungen über den Gegenstand genügen.

Um mich über etwa vorhandene Rectipetalität zu vergewissern, befestigte ich Pflanzen, welche ebenfalls nach einem sehr hellen Tage dem Boden entnommen waren, an der horizontalen Axe des Klinostats, und setzte sie im Dunklen der Drehung aus Auch jetzt trat in Folge der heliotropischen Spannung die vorhin beschriebene Bewegung ein, bis Blätter und Stiele stark gekrümmt waren. Die so gewonnene Lage behielten nun die Organe bei, oder begaben sich höchstens wieder in ihre frühere Stellung; eine weitere Bewegung fand nicht statt. Elf Tage blieben die Objecte am Apparat, ohne dass eine Veränderung wahrzunehmen gewesen wäre. — Hatten dagegen die Stiele an ihrer Spitze vor dem Köpfchen eine Aufwärtskrümmung erfahren, so wurde diese regelmässig sehr bald ausgeglichen; der hintere Theil des Stieles war somit gekrümmt, der vordere dagegen gerade.

Aus dieser Thatsache geht hervor, dass in dem basalen und mittleren Theile des Stieles entweder keine, oder nur so geringe Rectipetalität vorhanden ist, dass auf Grund derselben keine Geradstreckung eintreten kann; ein Umstand, der um so befremdlicher erscheinen muss, als der apicale Theil, wie erwähnt, rectipetal ist.

Wie sich der Stiel bei der Fruchtreife bezüglich seiner Rectipetalität verhält, vermag ich nicht zu sagen, da meine Versuche mir darüber keinen Aufschluss gaben. Dass aber der Geotropismus solcher Stiele sehr kräftig ist, lässt sich mit Leichtigkeit beobachten. Knickt man den Stiel in einiger Entfernung von dem Köpfchen, oder durchschneidet ihn etwa zur Hälfte, und lässt das obere Ende an dem aufrechten Theile abwärts hängen, so krümmt sich der apicale Theil mit ungewöhnlicher Energie wieder so weit empor, bis das Köpfchen in die aufrechte Lage zurückgelangt ist; ein Zeichen, wie sehr die letztere von der Pflanze erstrebt wird.

Dass die nur in ihrem oberen Theile negativ heliotropischen Stiele solcher Pflanzen, welche anderen Standorten entnommen wurden, im Dunklen ihre Stiele ebenfalls gerade streckten, braucht kaum noch gesagt zu werden.

Worauf die höchst verschiedene Art, in welcher, wie oben erwähnt, die Stiele auf den Einfluss des Lichtes reagiren, beruht, wie es kommt, dass selbst die Stiele eines Stockes erhebliche Abweichungen unter einander zeigen: darüber hege ich wohl Vermuthungen, wage dieselben aber einstweilen nicht mitzutheilen. Es ist eine ungemein überraschende Thatsache, an einem trockenen Abhange oder Feldrande die dem Boden angepresste Form der Pflanze, und daneben auf einem Felde die höhere Form, ebenfalls dem vollen Lichte ausgesetzt, zu gewahren.

Zum Schluss ist noch das Verhalten solcher Stiele zu besprechen, welchen ihre Köpfchen genommen wurden. Schneidet man die letzteren und zwar gleichviel, ob vor oder nach dem Verblühen, von dicht dem Boden anliegenden Stielen ab, so erheben sich diese in der Regel so weit, bis sie nach oben gerichtet sind. Während der Aufrichtung, welche offenbar, wenigstens der Hauptsache nach, auf negativem Geotropismus beruht, sind die Stiele trotz des bei der Operation erlittenen Milchsaftverlustes fest und widerstandsfähig. — Aus diesem Experiment wird es erlaubt sein, zu schliessen, dass die Wirkung des Lichtes sich in erster Linie am Köpfchen äussert, und dass von diesem aus die Bewegung des Stieles bedingt wird. Der Stiel mit Knospe, Blüthe oder Fruchtköpfchen vor der Reife ist bei starker Beleuchtung negativ heliotropisch, nicht so der decapitirte Stiel. Ob dieser aber bei einseitiger Beleuchtung positiv heliotropisch wird, vermag ich nicht zu sagen.

Bewegungen vegetativer Organe.

Rectipetalität vegetativer Organe.

Nachdem die Rectipetalität als Eigenschaft so vieler Blüthenstiele nachgewiesen worden war, richtete sich selbstverständlich der Blick auch auf vegetative Organe. Es war nicht wohl anzunehmen, dass sich dieselben anders verhalten würden, als jene, und die Untersuchung bestätigte diese Vermuthung vollkommen.

Zunächst wurden abgeschnittene Laubsprosse auf Rectipetalität geprüft. Acht kräftige Zweige von Saponaria officinalis wurden bis in die Nähe der Spitze ihrer Blätter beraubt, und, nachdem sie mit Wasser getränkt waren, in horizontaler Stellung im dunklen, wasserdampfhaltigen Raume untergebracht. Nach 15—20 Stunden hatten sie sämmtlich eine beträchtliche Aufwärtskrümmung erfahren, in Folge deren die Spitzen vertical oder geneigt nach oben sahen. — Nun wurden die Zweige an der horizontalen Axe des Klinostats befestigt, und im Dunklen der Drehung ausgesetzt. Die Befestigung geschah derart, dass nur die Basen der Zweige mit Nadeln festgespiesst wurden, während die mittleren und vorderen Theile sich frei bewegen konnten. Vor dem Anheften wurden die Zweige ihren Umrissen nach genau gezeichnet, und mit Nummern versehen.

Nach Verlauf von einem Tage und theilweise schon früher waren die vorhandenen Krümmungen mehr oder weniger wieder ausgeglichen. Ein Zweig war völlig, drei Objecte nahezu gerade geworden; die vier anderen waren nur noch schwach gekrümmt.

Der eben beschriebene Versuch wurde noch einmal mit drei Zweigen der gleichen Pflanze wiederholt. Alle drei Sprosse streckten sich fast völlig gerade.

Das gleiche Experiment stellte ich nunmehr mit Laubzweigen von Phlox perennis, Veronica longifolia, Helianthus spec. an. Die Aufwärtskrümmung in horizontaler Ruhelage ging in der Regel so weit von statten, dass der apicale Zweigtheil vertical nach oben sah; dann erst wurden die Objecte der Drehung ausgesetzt. — In fast allen Fällen fand nun eine Geradstreckung statt; manchmal erfolgte dieselbe so weit, dass die Zweige völlig gerade wurden, in anderen Fällen blieb auch hier eine mehr oder minder schwache Krümmung erhalten. Am günstigsten erwiesen sich die Sprosse von Veronica longifolia, während die von Phlox perennis ihre Krümmungen minder rasch ausglichen.

Sehr schön verlief der Versuch, als die ihrer ganzen Länge nach mit Laubblättern besetzten, an ihrer Spitze die Blüthen tragenden Stengel von Leucanthemum vulgare verwendet wurden. Alle streckten sich fast oder völlig gerade. Aehnlich verhielten sich die Stengeltheile von Anemone silvestris, wenngleich sie mit etwas geringerer Energie die Krümmung wieder ausglichen.

Indem ich glaubte, hiermit einstweilen eine genügende Anzahl von Laubzweigen untersucht zu haben, wandte ich mich nunmehr zu den Keimpflanzen, und zwar zunächst zu dem hypocotylen Gliede. In einen Topf mit feuchten Sägespähnen wurden Samen von Helianthus annuus in der Art ausgesäet, dass das zugespitzte Ende des Samens nach unten gerichtet war. Nachdem die Samen normal gekeimt, und die Pflänzchen sich bis zu einer Höhe von etwa 3 Ctm. über den Boden erhoben hatten, wurde der Topf so umgelegt, dass die Längsaxen der Pflanzen horizontale Stellung hatten. Es trat sehr rasch Aufwärtskrümmung ein, doch wurden die Objecte etwa 20 Stunden in der angegebenen Stellung belassen. Nun wurden sechs Pflanzen vorsichtig dem Topfe mit den den Wurzeln anhaftenden Spähnen enthoben, die Umrisse ihrer hypocotylen Glieder auf Papier übertragen, und die Objecte dann, nachdem sie mit Marken versehen waren, der Drehung am Klinostat ausgesetzt. Die übrigen Objecte wurden ungestört im Topfe gelassen, der letztere jedoch wieder in normale, aufrechte Lage gebracht. Bemerkt sei noch, dass die sämmtlichen Wachsthumsvorgänge im Dunklen verliefen.

Das Ergebniss dieses Versuches war, dass nach einem Zeitraume von etwa fünf Stunden die Krümmungen in allen Fällen zum grossen Theile wieder ausgeglichen waren. Nach zwölf

Stunden waren sie entweder völlig oder nahezu gänzlich verschwunden, oder es waren geringe anderweitige Beugungen eingetreten, welche mit der einstigen geotropischen Aufwärtskrümmung nichts gemein hatten.

Ueberraschend war es mir, dass die Streckung der Objecte am Klinostat fast mit derselben Schnelligkeit erfolgte, mit welcher die Aufrichtung der Exemplare im Topfe von statten ging. Hier wirkten zwei Kräfte in gleichem Sinne, Schwerkraft und Rectipetalität; dort nur die letztere. Man hätte daher erwarten können, dass der Zeitverlauf, in welchem die Streckung in beiden Fällen stattfand, ein nicht unerheblich verschiedener sein würde. Allein dies war nicht der Fall. Die Aufrichtung der hypocotylen Glieder im Topfe erfolgte nur wenig schneller, als die Streckung der am Klinostat befindlichen.

Nunmehr stellte ich noch einen letzten Versuch, und zwar mit Wurzeln an, um zu sehen, ob auch sie sich rücksichtlich unserer Frage wie Blüthenstiele verhielten.

Kräftige Samen von Helianthus annuus wurden in der vorhin angegebenen Art in lockeren feuchten Sägespähnen zur Keimung gebracht, und, nachdem die Wurzeln eine Länge von 10—15 Mm. erreicht hatten, mitsammt dem Topfe in horizontale Lage übergeführt. In bekannter Art krümmten sich nun die Wurzelspitzen ungefähr senkrecht nach unten. Als die abwärts gerichteten Zuwachse eine Länge von 5—7 Mm. erreicht hatten, wurden die Objecte dem Topfe entnommen, und am Klinostat der Drehung ausgesetzt. Beiläufig sei bemerkt, dass die Befestigung der Pflänzchen mit Stecknadeln geschah, welche durch die Samenschale und die Cotyledonen geführt wurden. Der Versuch wurde zunächst mit sechs Objecten angestellt, deren Umrisse sorgfältig gezeichnet waren.

Das Ergebniss war folgendes. Eine der Wurzeln glich die Krümmung nahezu vollständig aus; drei verhielten sich annähernd in gleicher Art, die durch ein Beispiel erläutert werden mag. Die geotropische Ablenkung des apicalen Wurzeltheiles bei Beginn des Versuches betrug 65°; das während der Drehung neu hinzugewachsene, längere Wurzelstück bildete mit der einstigen geraden Richtung einen Winkel von nur 20°. Es war demnach ein Bogenstück von 45° rückwärts durchlaufen. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass die neue Lage nicht etwa nur durch eine einfache

Geradstreckung des gekrümmten Wurzelstückes erreicht war; eine Streckung war an dem letzteren zwar eingetreten, allein es ging dieselbe nicht so weit, wie es die neue Wachsthumsrichtung erfordert hätte. Es erschien vielmehr die ganze Wurzel wie eine zweimal gebrochene Linie, so zwar, dass die durch den ersten Bruch entstandene Ablenkung durch den zweiten der Hauptsache nach wieder ausgeglichen wurde. In dieser Art verhielten sich, wie erwähnt, drei Objecte. Die zwei letzten endlich liessen fast gar keine Streckung wahrnehmen; sie wuchsen nahezu in der Richtung weiter, welche sie in der horizontalen ruhenden Lage eingeschlagen hatten.

Das eben beschriebene Experiment wurde mehrfach, und zwar im Wesentlichen immer mit dem gleichen Erfolge, wiederholt. Stets suchte ein Theil der Objecte in die einstige gerade Richtung zurückzugelangen, während andere keine oder nur geringe Streckung erfuhren. Später, bei längerer Dauer des Versuches, traten dagegen öfter Abweichungen von der geraden Wachsthumsrichtung ein; die Wurzeln krümmten sich dann nicht selten mehr oder minder stark. — Es ist aber kaum zu bezweifeln, dass diese und die entsprechenden Krümmungen langer vergeilter hypocotyler Glieder auf mangelhafter Ernährung oder auf Störungen beruhen, welche durch die beständige Drehung hervorgerufen werden. Sieht man von diesen Verhältnissen ab, so ergiebt sich auf Grund der angeführten Untersuchungen der Schluss, dass auch orthotrope vegetative Organe mit Rectipetalität ausgerüstet sind. Ob dieselbe allen derartigen Gebilden zukommt, vermag ich einstweilen nicht zu sagen. Weitere Versuche müssen darüber Aufschluss geben. — Dasselbe gilt von geraden plagiotropen Organen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls rectipetal sind. Mit den letzteren habe ich bis jetzt keinerlei Versuche angestellt.

Bei den geotropisch auf- und abwärts wachsenden Organen kommt die Rectipetalität offenbar der Schwerkraftwirkung zu Hülfe, da ja beide in solchen Gebilden in gleichem Sinne wirken. Doch tritt, wie wir wiederholt gesehen, der Einfluss der Rectipetalität weit hinter den der Schwerkraft zurück.

Die Nutation dicotyler Keimpflanzen.

Die Nutation des hypocotylen Gliedes dicotyler Keimpflanzen ist oft bildlich und schriftlich dargestellt worden. Bezüglich der Ursachen derselben hat man, soweit mir bekannt wurde, zwei verschiedene Ansichten geäussert.

Die eine derselben vertritt *J. Sachs.*[1]) Nach ihm ist die fragliche Nutation unabhängig von Schwere und Licht, eine durchaus autonome Erscheinung. Es geht dies besonders daraus hervor, dass sie auch dann auftritt, wenn die Objecte in einen um eine horizontale Axe langsam rotirenden Recipienten gebracht und dabei dem Lichteinfluss entzogen werden.

Die andere Anschauung äusserte *Haberlandt*[2]), und zwar speciell für die Keimpflanzen von Helianthus. Er fasst die Krümmung auf als eine Folge des Gewichtes der Cotyledonen; die Spitze des hypocotylen Gliedes krümmt sich unter der Last der letzteren passiv so weit, bis diese etwa horizontale Stellung einnehmen. Den Beweis für die Richtigkeit seiner Ansicht glaubt der genannte Autor in folgender Art erbracht zu haben. Er belastete die Cotyledonen mit einem Uebergewicht und fand nun, dass die Krümmung noch vergrössert wurde, die Cotyledonen sich in erhöhtem Maasse abwärts richteten. Aus diesem Umstande wurde geschlossen, dass es die Last der Cotyledonen sei, welche die Nutation verursacht.

Zuletzt, und zwar sehr eingehend, hat sich *Darwin*[3]) mit unserem Gegenstande beschäftigt, doch scheint weder er noch *Haberlandt* die oben citirte Angabe von *Sachs* gekannt zu haben. Wie der letztere, so kommt auch *Darwin* auf Grund einer Reihe von Versuchen und Erwägungen zu dem Schluss, dass die Ursache der Nutation eine innere sei; er glaubt, dass die Eigenschaft der Nutation den Keimlingen erblich überkomme.

Da der hier berührte Gegenstand mit den von mir in dieser Schrift niedergelegten Untersuchungen in nahem Zusammenhange

---

[1]) *J. Sachs.* Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. Leipzig 1874. S. 828. III. Aufl. S. 759. — Ursprünglich scheint seine Ansicht eine andere gewesen zu sein. Vergl. das Citat in der Einleitung.

[2]) *G. Haberlandt.* Die Schutzeinrichtungen in der Entwickelung der Keimpflanze. Wien 1877. S. 75.

[3]) *C. Darwin.* The power of movement in Plants. London 1880. p. 88 ff.

stand, so suchte ich mir auf Grund von Versuchen ein eigenes Urtheil darüber zu bilden.

Zunächst wiederholte ich den von *Sachs* ausgeführten Hauptversuch, keimende Samen, und zwar die von Helianthus annuus, im Dunklen der langsamen Drehung auszusetzen. Damit nicht etwa Ernährungsstörungen den Verlauf des Versuches beeinflussten, verfuhr ich in folgender Art. Ein kleiner Topf wurde mit Sägespähnen angefüllt, und in diese, nachdem sie angefeuchtet und mässig festgedrückt waren, die Samen ausgesäet, so zwar, dass das zugespitzte Ende stets nach unten sah und das breite Ende nicht ganz von Sägespähnen bedeckt war. Dann wurde der Topf an der horizontalen Axe des Klinostats befestigt, und, um an der letzteren das Gleichgewicht zu erhalten, durch ein an der anderen Seite der Axe angebrachtes, entsprechend grosses Gewicht contrebalancirt. Nun wurde das Uhrwerk in Bewegung gesetzt, und die ganze Vorrichtung dem Lichteinfluss entzogen.

Das Ergebniss dieses Versuches lieferte eine Bestätigung der Angabe von *Sachs*. Die hypocotylen Glieder sämmtlicher Keimpflanzen erfuhren eine Krümmung, nachdem sie in gerader Richtung aus den Sägespähnen hervorgetreten waren. Daraus aber folgt, dass die Nutation eine spontane, dass das hypocotyle Glied curvipetal ist; wenn man nicht die Annahme machen will, dass die Krümmung Folge der Nachwirkung einer äusseren Kraft sei, welche zur Zeit der Entwickelung des Samens auf diesen eingewirkt habe, und deren Einfluss sich nunmehr äussere. Einer solchen Annahme, so unwahrscheinlich sie auch ist, wird durch das Ergebniss unseres Versuches die Spitze nicht gebrochen, und es bleibt somit nach dieser Seite hin die Frage noch offen.

Die Nutation tritt also am Klinostat und im Finstern ein, allein sie ist nicht völlig gleich der, welche man unter normalen Vegetationsbedingungen beobachtet. Unter diesen nämlich geht die Krümmung des hypocotylen Gliedes so weit, dass die Cotyledonen etwa horizontale Lage einnehmen; manchmal sehen sie bis selbst senkrecht nach unten, seltener dagegen durchlaufen sie einen Winkel, der beträchtlich kleiner ist, als ein rechter. — Dies aber geschieht, soweit ich gesehen, normal an den gedrehten Objecten. An diesen durchlaufen die Cotyledonen einen Axenwinkel von 45—60°, seltener einen grösseren; und zwar zeigten die sämmtlichen am Klinostat gekeimten Pflanzen das gleiche Verhalten.

Da nun Objecte, welche sonst unter normalen Bedingungen, jedoch unter Ausschluss der Lichtwirkung keimen, sich bezüglich der Nutation ebenso verhalten, wie die im Hellen wachsenden, so ziehe ich aus dem Resultat des eben besprochenen Rotations-Versuches den Schluss, dass der Grad der Krümmung unter normalen Verhältnissen bedingt wird erstens durch eine innere Ursache, zweitens durch die Schwerkraft, welche in gleichem Sinne mit jener wirkt und daher die stärkere Krümmung verursacht.

Das Gesagte gilt zunächst nur für die Keimlinge von Helianthus; ob es allgemeinere Bedeutung hat, müssen weitere Versuche lehren.

Um in die Natur der Krümmung des hypocotylen Gliedes noch einen weiteren Einblick zu gewinnen, versuchte ich den bei der Krümmung geleisteten Kraftaufwand zu bestimmen. Kräftige Samen wurden wieder in der oben beschriebenen Art in einen Topf voll feuchter Sägespähne gesteckt. Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Radicula in den Boden eingedrungen war, wurde um den noch geraden, nach oben gerichteten Theil des Samens ein feiner Faden geschlungen, dieser über die Rolle des bei Narcissus beschriebenen Apparates geführt, und das freie Ende desselben mit 1 Gr. beschwert. Die ganze Vorrichtung wurde vermittelst eines schwarzen Recipienten dem Lichteinfluss entzogen.

Der Versuch ergab, dass die Krümmung sich in durchaus normaler Weise vollzog. Die von der Samenschale umhüllten Cotyledonen gelangten in horizontale Stellung. Der Hebelarm, an dem das Gewicht in dieser Lage wirkte, betrug 7 Mm., während das Gewicht des in der Mitte der Krümmung des hypocotylen Gliedes durchschnittenen oberen Theiles des Keimlings, bestehend aus Plumula, Cotyledonen und Samenschale, sich auf 0,25 Gr. belief. Bedenkt man nun, dass der Schwerpunkt dieses Körpers auf die Länge von 5 Mm, von der Krümmung an gerechnet, fiel, so ergeben sich die hier obwaltenden Verhältnisse ohne Weiteres.

Da die Bewegung in dem eben beschriebenen Versuche mit augenscheinlicher Leichtigkeit verlief, so wiederholte ich denselben, belastete aber das freie Ende des Fadens mit 2 Gr. Wieder ging die Bewegung von statten, aber unter dem relativ hohen Widerstande langsamer; auch stand sie schon still, als die Cotyledonen einen Winkel von 60°, von der Verticalen an gerechnet, durch-

laufen hatten. In dieser Lage hatte die Horizontal-Projection des Hebelarmes eine Länge von 6 Mm.; das statische Moment war also für die angegebenen Einheiten = 12.

Hiervon war nun das statische Moment der Cotyledonen, Samenschale und Plumula in Abzug zu bringen. Das Gewicht derselben belief sich wieder auf 0,25 Gr., die Horizontal-Projection des Hebelarmes, an welchem dieses Gewicht wirkte, betrug etwa $4^1/_2$ Mm., es seien jedoch 5 Mm. gerechnet. Dann war das statische Moment der genannten Theile des Keimlings = 1,25. — Mit anderen Worten: das hypocotyle Glied wird nicht nur nicht durch das Gewicht der Cotyledonen abwärts gezogen, sondern es entwickelt vielmehr bei der Krümmung einen Kraftaufwand, vermöge dessen es mehr als das neunfache des Gewichtes der betreffenden Theile emporziehen kann.

Zum Schluss führte ich das eben beschriebene Experiment noch mit Keimlingen von Ricinus communis aus. Auf den Modus der Keimung dieser Pflanze näher einzugehen, erscheint nicht nothwendig; es sei bezüglich desselben auf die Darstellung von *Sachs*[1]) verwiesen.

Zu meinem Versuche wählte ich eine Varietät, welche sehr grosse Samen erzeugt. Diese wurden derart in den Boden gesteckt, dass die Caruncula nach unten gerichtet war, und der obere Theil des Samens um ein Geringes aus der Erde hervorragte. Sobald die Hebung desselben begann, wurde um ihn der Faden geschlungen, dieser über die Rolle geführt, und mit dem Gewicht beschwert. Beim ersten Versuch betrug das letztere 3 Gr.; da aber die Bewegung hierbei scheinbar durchaus normal verlief, so wiederholte ich das Experiment mit einer Belastung von 5 Gr. Auch jetzt fand die scharfe Abwärtskrümmung des hypocotylen Gliedes in normaler Weise statt; während jedoch der aus dem Eiweiss und den Cotyledonen bestehende Körper im unbelasteten Zustande abwärts geneigt ist, war er nunmehr durch das Gewicht soweit emporgehoben, dass er mit dem freien Ende schwach nach oben geneigt war. Um annähernd den Druck zu bestimmen, welchen das hypocotyle Glied bei der Krümmung zu überwinden hatte, wurde die gerade Entfernung der Anheftungsstelle des Fadens bis zur Mitte des vertical-aufrechten Theiles als die Länge

[1]) *J. Sachs.* Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. Leipzig 1874. S. 609.

des Hebelarmes gerechnet, an welchem das Gewicht zog. Diese Entfernung betrug 20 Mm., das statische Moment war also = 100. Das Gewicht des Eiweisses, der Cotyledonen und des zugehörigen hypocotylen Stengelstückes belief sich auf 2 Gr.; der Schwerpunkt dieses Complexes lag in einer Entfernung von etwa 16 Mm. von der Ansatzstelle. Das statische Moment wurde demnach dargestellt durch die Zahl 32. — Diese verglichen mit dem Moment des angehängten Gewichtes = 100 giebt uns eine ungefähre Vorstellung von der Energie, mit welcher die Nutation des hypocotylen Gliedes vollzogen wird. In Wirklichkeit ist dieselbe unzweifelhaft noch erheblich grösser, als die angegebene Zahl sie darstellt.

Aus den angeführten Thatsachen dürfte zur Genüge hervorgehen, welche Bedeutung das Gewicht der Cotyledonen und des Eiweisses für den Krümmungsprocess des hypocotylen Gliedes besitzt.

Schluss.

Auf den vorstehenden Blättern sind dem Leser verschiedene Gegenstände vor Augen geführt.

Die nächste Aufgabe der Untersuchung war die Klarlegung des mechanischen Vorganges der Bewegungen der Knospen-, Blüthen- und Fruchtstiele. Schon unter der hier mitgetheilten nicht grossen Zahl von Fällen ist die Form der Bewegung ausserordentlich verschieden; mannigfaltig sind aber auch, wie nicht anders zu erwarten, die sie bedingenden Ursachen.

Die Bewegungen der Stiele und damit die endliche Lage der Blüthen und Früchte werden durch äussere und innere Kräfte verursacht. Unter den ersteren ist am häufigsten die Schwerkraft der wirkende Factor, und zwar ist ihr Einfluss von zweierlei Art. Entweder sie veranlasst geotropische Wachsthumsrichtungen, oder sie wirkt auf den ihrem Zuge passiv nachgebenden Körper der Blüthe.

Durch Geotropismus wird zunächst die Lage der mancherlei, in dieser Arbeit nicht näher behandelten Blüthen- und Blüthenstandstiele bedingt, welche eine aufrechte Stellung haben; mit dem hier wirksamen negativen Geotropismus ist in der Regel positiver Heliotropismus verbunden. Auf Geotropismus beruht ferner die Lage der Blüthen von Narcissus, Agapanthus, und wahrscheinlich einer grösseren Anzahl von Monocotylen, wie Amaryllis u. a.; in allen diesen Fällen bedingt die Schwerkraft Stellungen, welche wir als dia- oder transversal-geotropische bezeichnet haben. Bei einer Anzahl anderer Pflanzen, wie bei Viola, erhält die Blüthe ihre Lage in Folge von positivem Geotropismus. In noch anderen Fällen endlich sind die Stiele während gewisser Altersstadien positiv, während anderer dagegen negativ geotropisch. So besitzen die Stiele von Papaver während des Knospenstadiums

der Blüthe positiven, während der Blüthe- und Fruchtzeit dagegen negativen Geotropismus. Bei Tussilago Farfara sind die Stiele während der Blüthezeit negativ, während der Fruchtentwickelung im oberen Theile positiv, bei der Fruchtreife endlich wieder ihrer ganzen Länge nach negativ geotropisch.

Die zweite der vorhin erwähnten Wirkungsweisen der Schwerkraft, die einfache Massenwirkung, beobachten wir bei Galanthus nivalis und Helleborus, zu denen sich noch manche andere Pflanzen, es sei hier nur an Fuchsia, Abutilon und Dielythra erinnert, gesellen dürften.

Nächst der Schwerkraft ist das Licht die am häufigsten auf die Bewegungen der Blüthen einwirkende äussere Kraft. Auch hier sehen wir wieder von den zahlreichen Fällen ab, in denen die Blüthenstiele einfach positiv heliotropisch sind, und fassen nur diejenigen ins Auge, in denen auffallende und abweichende Bewegungen eintreten. So erweisen sich die Köpfchenstiele von Taraxacum officinale und die Hauptstiele der Blüthenstände von Erodium cicutarium einer starken Beleuchtung gegenüber als negativ, einer schwachen gegenüber als positiv heliotropisch. In Dunkelheit, bei geringer oder mässiger Beleuchtung tritt der ebenfalls in diesen Organen vorhandene negative Geotropismus in Kraft. Auch die Lage der vegetativen Theile dieser Pflanzen ist in analoger Weise vom Lichteinfluss abhängig.

Bei einer letzten Gruppe von Arten endlich macht es den Eindruck, als würden die Bewegungen lediglich durch innere autonome Ursachen bedingt, die sich zur Zeit nicht weiter zergliedern lassen.

Als weit verbreitet in den Stielen ergab sich die Thätigkeit eines inneren Einflusses, der als Rectipetalität bezeichnet wurde. Alle mit dieser Eigenschaft ausgerüsteten Organe zeigen gemeinschaftlich das Verhalten, dass sie, wenn äussere Kräfte nicht bez. nicht einseitig einwirken, in gerader Richtung fortwachsen. Haben dieselben dagegen unter dem Einfluss einer äusseren Kraft schon eine Krümmung erfahren, so suchen sie nach Aufhören der Wirkung der letzteren wieder in die gerade Richtung zu gelangen, vorausgesetzt, dass sie noch wachsthumsfähig sind. Doch ist der Umstand, dass unter solchen Verhältnissen keine Geradstreckung eintritt, noch kein Beweis dafür, dass das betreffende Organ nicht rectipetal sei; denn es ist klar, dass andere innere Ursachen eintreten

können, welche die Ausgleichung der Krümmung verhindern, auch wenn die Tendenz dazu vorhanden sein sollte.

Rectipetalität wurde ferner für eine Anzahl vegetativer Organe nachgewiesen. Auf Grund aller bis jetzt ausgeführten Untersuchungen lässt sich schliessen, dass diese Eigenschaft eine im Pflanzenreiche sehr verbreitete ist, wie besondere, auf diesen Gegenstand gerichtete Arbeiten sicher ergeben werden.

Den rectipetalen Organen gegenüber stehen die curvipetalen, welche sich aus inneren Ursachen in irgend einer Art krümmen, deren Nutation eine spontane[1]) ist. Unter den in dieser Arbeit behandelten Objecten konnte mit voller Bestimmtheit kein einziges Beispiel als zu dieser Gruppe gehörig nachgewiesen werden. So wahrscheinlich es ist, dass die Krümmung des Schaftes von Allium controversum, die Bewegungen der Blüthenstiele von Asphodelus luteus, sowie die Nutation des hypocotylen Gliedes der dicotylen Keimpflanze hierher gehören: mit Sicherheit konnte doch der Beweis darüber nicht erbracht werden. In allen diesen Fällen ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Bewegungen Folgen einer Nachwirkung darstellen, welche in weiter rückwärts liegender Zeit durch eine äussere Kraft verursacht wurde. — Curvipetale Pflanzentheile finden sich dagegen unzweifelhaft und zwar in grosser Zahl, unter den Blattgebilden der Blüthe und allen zu der letzteren gehörenden Theilen.

Die beiden Ausdrücke Rectipetalität und Curvipetalität beziehen sich also, wie noch einmal hervorgehoben werden soll, auf das Verhalten der Organe unter dem Einfluss von lediglich inneren Bedingungen. In diesem Umstande liegt das Unterscheidende derselben von den durch *Sachs*[1]) eingeführten Bezeichnungen Orthotropismus und Plagiotropismus, durch die unter normalen Bedingungen, d. h. der gleichzeitigen Wirkung innerer und äusserer Kräfte, stattfindende verschiedene Wachsthumsformen von Pflanzentheilen charakterisirt werden. Um den Unterschied an einem Beispiele zu erläutern, sei an Narcissus Pseudo-Narcissus erinnert. In den jugendlichen Knospenstadien ist die Blüthe orthotrop und

---

[1]) Vergl. *Sachs*. Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. 1874. S. 826.

[2]) *J. Sachs*. Ueber orthotrope und plagiotrope Pflanzentheile. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. II. Band. 2. Heft. Leipzig 1879. S. 227.

rectipetal; bei der Entfaltung und nach derselben wird sie plagiotrop, bleibt aber noch rectipetal. — Rectipetal kann demnach jedes beliebige Gebilde sein, gleichviel ob es orthotrop oder plagiotrop ist.

Wenn ich die Recti- und Curvipetalität als Wirkungen innerer Kräfte, oder der Kürze halber die letzteren selbst manchmal mit jenen Namen bezeichnete, so sollte damit, um auch dies hier noch einmal zu betonen, nichts weiter gesagt sein, als dass sich dieselben zur Zeit nicht weiter zerlegen, besonders nicht auf äussere Momente zurückführen lassen. Aufgabe einer ferneren Untersuchung wird es sein, die inneren Ursachen selbst weiter zu verfolgen und, wenn möglich, in bekannte Factoren zu zerlegen.

Der zweite in dieser Arbeit behandelte Gegenstand war die Frage nach der Bedeutung, welche die Lage der Samenknospe für die Entwickelung des Embryo hat. Dieses Problem, das schon von *Hofmeister*[1]) berührt worden ist, bedarf einer allgemeineren Behandlung, zu welcher ich selbst mancherlei Material gesammelt habe. Hier wurde nur das besprochen, was sich speciell auf Papaver bezieht, und in den Zusammenhang der vorliegenden Arbeit gehört. Die Untersuchung hat ergeben, dass die Embryonen dieser Pflanze sich normal in geneigt nach unten sehenden Samenknospen entwickeln, sie selbst also geneigt aufwärts wachsen; dass sie aber auch in mit ihrer Mikropyle nach oben gerichteten Samenknospen, also in inverser Richtung, ihren Bildungsprocess vollenden können. Embryonen der letzteren Art wuchsen zu Pflanzen heran, welche, als sie die Entwickelungshöhe erreicht hatten, in Nichts von normal gebildeten zu unterscheiden waren. Doch konnte nicht endgültig festgestellt werden, ob nicht durch die Entwickelung des Embryo in normaler Lage während der früheren embryonalen Periode doch irgend ein Einfluss auf das weitere Wachsthum der Pflanze ausgeübt wird.

Die eben berührte Frage stellt nur eine besondere Seite des allgemeineren Problems dar, welche Rolle die Lage der Blüthe und Frucht im Haushalte der Pflanze spielt. Ueber diesen Gegen-

---

[1]) *W. Hofmeister.* Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig 1868. S. 420.

stand verdanken wir *Kerner*[1]) eine Reihe werthvoller Untersuchungen. Es ist aber kaum zu bezweifeln, dass neben den von diesem Beobachter aufgedeckten Factoren noch andere in Betracht kommen, welche aus der, um mich so auszudrücken, inneren Wachsthums-Oeconomie hervorgehen. Welchen Zweck erfüllt die Lage der geschlossenen Knospen bei den einheimischen Papaver-Arten? Denn dass diese Stellung gar keiner Aufgabe entsprechen sollte, dürfte doch kaum anzunehmen sein. Möglicher Weise birgt die Beantwortung dieser einen Frage die Lösung zahlreicher anderer in sich.

Zum Schluss sei hier noch einmal hingewiesen auf den eigenthümlichen inneren Zusammenhang, der zwischen Stiel und Blüthe bez. Knospe und Frucht besteht, und der bei Papaver und Tussilago seinen überraschendsten Ausdruck findet. Eine äussere Kraft, wie die Schwerkraft, wirkt auf den Complex, auf das System beider Gebilde ganz anders, als auf den der Knospe oder der Frucht beraubten Stiel. Im isolirten Zustande besitzt der letztere andere Eigenschaften, als im System. Es erscheint daher durchaus unstatthaft, von dem Verhalten eines Organes im isolirten Zustande Schlüsse auf seine Rolle im System zu ziehen, sobald es sich um Wachsthumserscheinungen handelt. — In den Fällen, auf welche eben hingedeutet wurde, ist der Zweck der Bewegung des Stieles die Lage von Knospe und Frucht; man darf daher annehmen, dass die Schwerkraft in erster Linie auf diese wirkt, dass in ihnen die Angriffspunkte der Schwerkraft zu suchen sind, und dass von diesen Orten aus das Verhalten des Stieles bedingt wird. Werden Knospe oder Frucht vom letzteren entfernt, so wirkt die Kraft nur noch auf den Stiel, und nun tritt ein ganz anderer Erfolg ein.

Nach *Darwin's* neuesten Untersuchungen gelten die gleichen Erwägungen auch für die wachsende Wurzel, an welcher allein die Spitze reizbar ist, während das Verhalten der weiter rückwärts liegenden Theile von dort aus bestimmt wird.

Meine eigenen einschlagenden Untersuchungen wurden schon lange vor dem Erscheinen von *Darwin's* Werk ausgeführt. Sie entstanden ursprünglich auf Grund der Anschauungen über das

---

[1]) *A. Kerner* Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste. Innsbruck 1879. — Ferner: Die Schutzmittel des Pollens. 1873. S. 30 ff.

Wesen des pflanzlichen Organismus, welche sich mir bei Ausführung meiner Untersuchungen über Organbildung entwickelt hatten. Wie sie neben diesen durchgeführt wurden, so möchte ich sie auch im Zusammenhange mit denselben betrachtet sehen. Mit ihrer Veröffentlichung würde ich vielleicht noch länger gezögert haben, hätte sich mir nicht die Ueberzeugung aufgedrängt, dass ihre Mittheilung zur Klärung einiger gegenwärtig streitiger Fragen dienen könnte. Möchten sie diesen Zweck erreichen.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Fig. 1 u. 2. Papaver Rhoeas. Aelterer und jüngerer Blüthenstiel mit Knospe nach längerem Aufenthalt in vertical-verkehrter Stellung.

„ 3 u. 4. P. Rhoeas Verhalten der Stiele mit und ohne Knospe, nachdem sie in horizontale Lage gebracht waren, und zwar bei verticaler Neigungsebene mit nach oben gerichteter Krümmung. In Fig. 4 beginnt eben die Ausgleichung der positiv geotropischen Beugung.

„ 5. P. Rhoeas. Schematischer Längsschnitt eines Fruchtknotens. Die punktirten Linien deuten die Richtung der Samenknospen an; die Mikropyle ist nach unten gewendet.

„ 6. 7 u. 8. P. Rhoeas. Lage des Embryo im längsdurchschnittenen Samen; c die Cotyledonen, r die Radicula, dazwischen das hypocotyle Glied. Die Samen zu Fig. 7 u. 8 sind in normaler, die zu Fig. 6 in verkehrter Stellung entwickelt. Alle drei Abbildungen wurden bei schwacher Vergrösserung mit der Camera lucida gezeichnet.

„ 9. P. Rhoeas. Längsdurchschnitt einer Samenknospe.

„ 10 u. 11. P. argemonoides. Blüthenstiele mit anormalen Krümmungen.

„ 12. P. Rhoeas. Blüthenstiel, welcher in Folge der Verhinderung der Aufrichtung ungewöhnlich verdickt und anormal gekrümmt ist.

„ 13. P. Rhoeas. Stück eines geraden Stieles aus seinem unteren und mittleren Theile zum Vergleich mit dem vorigen.

„ 14 u. 15. P. Rhoeas. Querschnitt durch Epidermis, Rinde und bastartige Zellen des normalen und des anormal verdickten Stieles, Fig. 14 des ersteren, Fig. 15 des letzteren.

„ 16 u. 17. P. Rhoeas. Epidermen der beiden Stiele von der Fläche gesehen. Fig. 16 die des normalen, Fig. 17 die des gewundenen Stieles. — Die vier letzten Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet; die beiden ersten bei 270facher, die beiden letzten bei 100facher Vergrösserung. Die Präparate zu Fig. 14 u. 16, sowie zu Fig. 15 u. 17 sind verschiedenen Stielen ntnommen.

Fig. 18. P. Rhoeas. Schwacher Stiel mit Knospe in horizontale Lage gebracht, und zwar bei verticaler Neigungsebene mit nach unten gerichteter Krümmung.

„ 19 u. 21. Cyclamen persicum. Jüngerer und älterer Blüthenstiel mit Knospe und zweifacher Krümmung an der Basis und Spitze.

„ 20. Cyclamen persicum. Blüthenstiel in Folge der Drehung am Klinostat gerade gestreckt.

„ 22. Viola odorata. Blüthenstiel vertical abwärts gerichtet. Die neue Lage der Blüthe ist bedingt durch erhöhtes Wachsthum der concaven Seite der einstigen Krümmung.

„ 23 u. 24. V. odorata. Wachsthum der Blüthenstiele in Folge der Drehung am Klinostat. In Fig. 23 Streckung mit Torsion, in Fig. 24 nur Streckung.

„ 25 u. 26. V. odorata. In beiden Fällen wurde der Stiel in ruhende Horizontallage gebracht, und zwar derart, dass bei verticaler Neigungsebene in Fig. 25 die Krümmung nach oben, in Fig. 26 nach unten gerichtet war.

Tafel II.

Fig. 1. Allium controversum. Krümmung des Schaftes vor der Blüthezeit.

„ 2. Viola odorata. Nutation des Stieles und normale Stellung der Blüthe.

„ 3. Agapanthus umbellatus. Junger Blüthenstand mit negativ geotropischen Stielen und Knospen. Der vordere Theil des Blüthenstandes wurde vor dem Zeichnen entfernt.

„ 4. 5. 6. Viola odorata Blüthen- und Stiellage nach der Drehung am Klinostat. Fig. 4 mit Torsion, 5 die Krümmung von oben gesehen.

„ 7. Tussilago Farfara. Nutation des Köpfchens nach der Befruchtung.

„ 8. 9. 10 u. 11. Taraxacum officinale. In verschiedener Art gekrümmte Köpfchenstiele. S. den Text.

„ 12. Viola odorata. Junger decapitirter Blüthenstiel, beim Versuch ursprünglich abwärts gerichtet, jetzt an der Basis geotropisch empor gekrümmt.

„ 13 u. 13a. V. odorata. Blüthe abwärts gerichtet; die neue Lage ist durch Torsion und einseitige Streckung gewonnen. Fig. 13a zeigt die Krümmung des Stieles von vorn betrachtet.

„ 14. V. odorata. Ein dem vorigen ähnlicher Fall mit Torsion und erhöhtem einseitigem Längenwachsthum des Blüthenstieles.

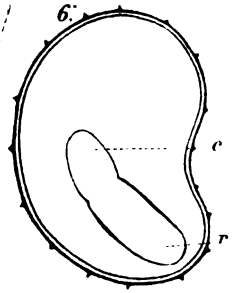
„ 15. V. odorata. Der decapitirte Stiel war ursprünglich abwärts gerichtet, hat sich dann bis zu der in der Zeichnung angegebenen Lage empor gekrümmt, und nun an der Spitze eine Bewegung ausgeführt, wie in den vorigen Fällen.

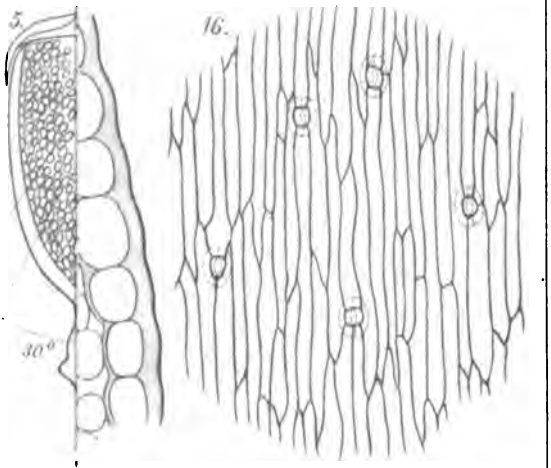
„ 16. V. odorata. Der seiner Blüthe mit Ausnahme des Kelches beraubte Stiel war bei Beginn des Versuches abwärts gerichtet.

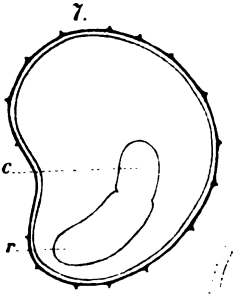
„ 17 u. 17a. V. odorata. Wie der vorige; hier hat sich der etwas ältere Stiel nicht aufgerichtet, sondern an der Spitze eine Schlinge beschrieben. Fig. 17a zeigt die letztere seitlich von vorn.

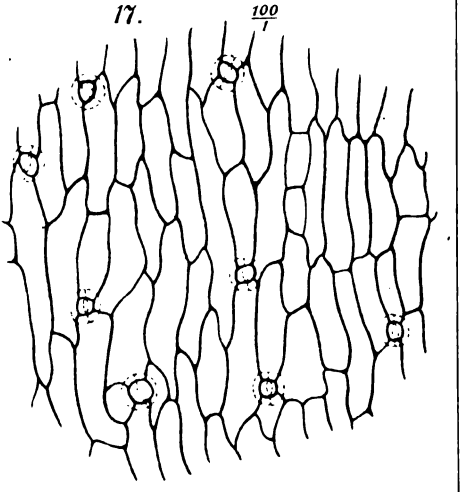
Fig. 18 u. 18a. V. odorata. Decapitirter abwärts gerichteter Stiel, der an der Spitze eine Torsion und ein einseitiges Längenwachsthum erfahren hat. Fig. 18a giebt die Krümmung seitlich von hinten.

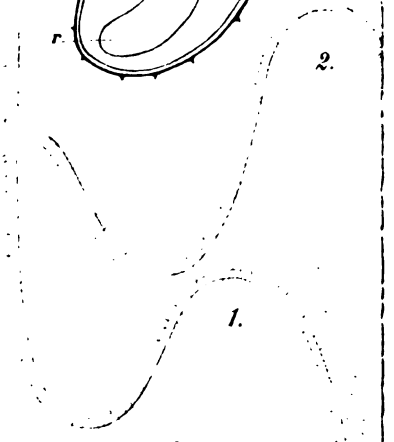
„ 19 u. 20. Geranium pyrenaicum. Zwei Zweige mit Knospen-, Blüthen- und Fruchtstielen in verschiedenen Lagen. Bei z in Fig 20 ist der Fruchtknoten zerstört und in Folge dessen die Abwärtskrümmung unterblieben, bei v in Fig. 19 ist die junge Knospe vom Stiele entfernt und nun die Aufrichtung erfolgt.

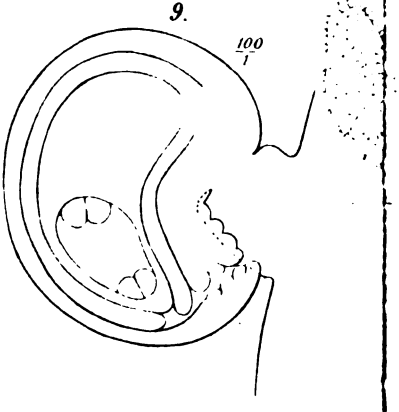


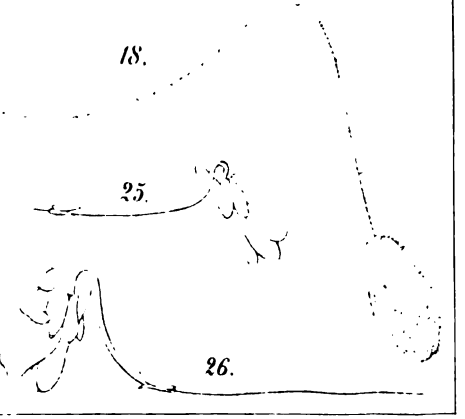












H. Vöchting gez.